

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

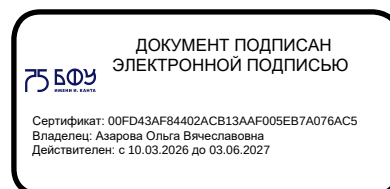
«Высшая математика, программирование и обработка данных»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026



Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ Нанотехнологий и инженерии;

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Математический анализ»
 - 4.2. Программа дисциплины «Аналитическая геометрия и линейная алгебра»
 - 4.3. Программа дисциплины «Векторный и тензорный анализ»
 - 4.4. Программа дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика»
 - 4.5. Программа дисциплины «Программирование»
 - 4.6. Программа дисциплины «Дифференциальные и интегральные уравнения»
 - 4.7. Программа дисциплины «Теория функций комплексного переменного
 - 4.8. Программа дисциплины «Численные методы и математическое моделирование»
 - 4.9. Программа дисциплины «Уравнения математической физики»
 - 4.10. Программа дисциплины «Искусственный интеллект и машинное обучение»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Высшая математика, программирование и обработка данных»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Способствовать пониманию фундаментальных концепций высшей математики, включая основные понятия и методы линейной алгебры, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики.
2. Формировать практические навыки решения математических задач, в том числе задач на оптимизацию, работу с дифференциальными уравнениями и вычисление интегралов.
3. Способствовать формированию компетенций в области программирования путем изучения одного или нескольких языков (например, Python, C++, Java).
4. Способствовать формированию навыков работы с основными структурами данных (списки, массивы, словари) и базовыми алгоритмами (сортировка, поиск, рекурсия).
5. Способствовать пониманию принципов сбора, хранения и обработки данных для последующего анализа.
6. Формировать устойчивые навыки применения математических методов для анализа данных и выявления скрытых закономерностей.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: фундаментальный математический аппарат, основы программирования, численных методов и машинного обучения для решения физических и инженерных задач; Уметь: применять математический аппарат для построения физических моделей, реализовывать их программно с использованием численных методов, обрабатывать данные методами статистики и искусственного интеллекта; Владеть: навыками полного цикла решения инженерных задач: от физико-математической постановки до программной реализации, применения методов машинного обучения и верификации результатов.
ОПК-3. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной	ОПК-3.1. Проводит конструкторские и инженерные расчеты, моделирование физических процессов, испытательные	Знать: современные языки программирования, прикладное ПО для инженерных расчетов и моделирования физических процессов, численные методы,

деятельности с использованием современных информационных технологий, прикладных компьютерных программ и работать с информацией в глобальных информационных сетях	работы с использованием современного программного обеспечения. ОПК-3.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений	технологии искусственного интеллекта и машинного обучения, способы представления результатов с использованием передовых цифровых решений. Уметь: проводить конструкторские и инженерные расчеты, моделировать физические процессы, выполнять испытательные работы с применением современного программного обеспечения; обрабатывать данные с использованием инструментов ИИ и статистики. Владеть: навыками выполнения конструкторских и инженерных расчетов в средах прикладного ПО; методами представления результатов профессиональной деятельности с применением цифровых и программных средств; приемами работы с информационными ресурсами в глобальных сетях.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

4. Программы дисциплин модуля

4.1. Программа дисциплины «Математический анализ»

1. Наименование дисциплины: «Математический анализ».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний в области классического математического анализа, развитие навыков решения практических задач и умения применять аналитические методы в профессиональной и научно-исследовательской деятельности.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные положения теории пределов, дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных; основы векторного анализа и возможности его применения для теоретического обоснования эксперимента Уметь: анализировать постановку задач и корректно доказывать математические утверждения; определять целесообразность применения методов математического анализа для планирования и обработки экспериментальных данных; использовать библиотеки прикладных программ и пакеты для решения прикладных математических задач. Владеть: практическими навыками вычисления пределов, дифференцирования, интегрирования и разложения функций в ряды; методами оценки погрешностей результатов экспериментов с использованием аппарата математического анализа.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математический анализ» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в математический анализ	Предмет математического анализа. Множества. Отображения множеств. Эквивалентность множеств. Числовые множества. Непрерывность множества действительных чисел. Ограниченные множества. Верхние и нижние грани числовых множеств. Множество комплексных чисел.
2.	Числовые функции одного действительного переменного	Понятие функции. Способы задания. Основные характеристики поведения функции. Сложная функция, обратная функция. Основные элементарные функции и их графики. Функции, заданные параметрически и в полярных координатах.
3.	Пределы числовых последовательностей.	Числовая последовательность и ее предел. Признаки сходимости числовых последовательностей. Предельные точки последовательностей, нижний и верхний пределы. Критерий Коши сходимости последовательности. Вычисление пределов числовых последовательностей
4.	Предел функции и его свойства. Замечательные пределы и их приложения.	Понятие предела функции. Общие свойства пределов функций. Свойства пределов, связанные с неравенствами. Бесконечно малые и бесконечно большие функции. Свойства бесконечно малых функций. Основные теоремы о пределах. Замечательные пределы. Критерий Коши существования предела функции. Предел монотонных функций. Сравнение асимптотического поведения функций. Основные

		приемы раскрытия неопределенностей.
5.	Непрерывность функции в точке и на множестве	Непрерывность функции в точке и на множестве. Точки разрыва функции и их классификация. Локальные свойства непрерывных функций. Действия над непрерывными функциями. Свойства функций, непрерывных на отрезке. Равномерная непрерывность функции
6.	Дифференцирование функции одной переменной. Производная.	Понятие производной функции. Механический и геометрический смысл производной. Дифференцируемость функции. Дифференциал функции. Производная и дифференциал сложной функции. Инвариантность формы дифференциала. Правила дифференцирования. Производные и дифференциалы основных элементарных функций. Производная обратной функции. Производные и дифференциалы обратных тригонометрических функций. Производные и дифференциалы гиперболических функций. Таблица производных основных элементарных функций. Дифференцирование неявных функций. Логарифмическое дифференцирование. Производная степенно-показательной функции. Дифференцирование функций, заданных параметрически. Производные высших порядков. Дифференциалы высших порядков. Теоремы о среднем. Правило Лопиталя. Формула Тейлора. Разложение по формуле Маклорена некоторых элементарных функций. Приложения формулы Тейлора.
7.	Приложение производной	Возрастание и убывание функций. Точки локального экстремума функции. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции. Абсолютные экстремумы функции на отрезке. Исследование функций на выпуклость и вогнутость. Точки перегиба. Асимптоты графика функции. Общая схема исследования функции. Приближенное решение уравнений
8.	Неопределенный интеграл и методы интегрирования	Первообразная функции и неопределенный интеграл. Основные свойства неопределенного интеграла. Таблица основных правил и формул интегрирования. Основные методы интегрирования.
9.	Определённый интеграл и способы его вычисления	Интегральная сумма. Понятие определенного интеграла. Геометрический и физический смысл определенного интеграла. Условия интегрируемости функций. Классы интегрируемых функций. Основные свойства определенного интеграла. Определенный интеграл с переменным верхним пределом интегрирования. Формула Ньютона-Лейбница. Основные методы вычисления определенного интеграла. Несобственные интегралы. Приближенные методы вычисления определенных интегралов

10.	Приложения определённого интеграла в геометрии и физике	Площадь плоской фигуры. Вычисление площадей плоских фигур в прямоугольной системе координат. Вычисление площадей плоских фигур в полярной системе координат. Вычисление длины кривой. Вычисление площади поверхности вращения. Вычисление объемов пространственных тел. Вычисление работы переменной силы. Вычисление силы давления жидкости. Вычисление статических моментов, моментов инерции и координат центра масс.
11.	Функции нескольких независимых переменных. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных	Пространство R^n . Понятие функции нескольких переменных. Открытые и замкнутые множества в метрических пространствах. Понятие функции нескольких переменных. Понятие предела функции нескольких переменных. Непрерывность функции нескольких переменных. Основные свойства непрерывных функций. Дифференцирование функций нескольких переменных. Дифференцируемость функции нескольких переменных. Необходимое и достаточное условие дифференцируемости. Полный дифференциал функции нескольких переменных. Дифференцирование сложной функции. Касательная плоскость и нормаль к поверхности. Геометрический смысл полного дифференциала функции двух независимых переменных. Частные производные и дифференциалы высших порядков. Формула Тейлора для функции двух переменных. Локальные экстремумы функции двух переменных. Условный экстремум функции нескольких переменных. Наибольшее и наименьшее значения (глобальные экстремумы) функции двух переменных в замкнутой области
12.	Кратные и криволинейные интегралы	Задачи, приводящие к понятию двойного интеграла. Определение двойного интеграла. Условия существования двойного интеграла. Классы интегрируемых функций. Свойства двойных интегралов. Вычисление двойного интеграла в случае прямоугольной области. Вычисление двойного интеграла в случае криволинейной области. Замена переменных в двойном интеграле. Геометрические приложения двойного интеграла. Приложения двойных интегралов в механике. Понятие тройного интеграла. Вычисление тройного интеграла. Замена переменных в тройном интеграле. Криволинейные интегралы первого рода. Вычисление криволинейных интегралов первого рода. Механические приложения криволинейного интеграла 1 рода. Криволинейные интегралы второго рода. Криволинейные интегралы второго рода. Вычисление криволинейных интегралов второго рода. Криволинейные интегралы второго рода по замкнутому контуру.

		Формула Грина. Независимость криволинейных интегралов от пути интегрирования. Интегрирование полных дифференциалов. Поверхностные интегралы первого рода. Понятие поверхностного интеграла первого рода. Площадь поверхности. Вычисление поверхностного интеграла первого рода. Приложения поверхностного интеграла первого рода. Поверхностные интегралы второго рода. Поверхностные интегралы второго рода и их вычисление. Формула Остроградского. Формула Стокса.
13.	Элементы теории поля	Постановка задачи векторного анализа. Скалярные поля и их характеристики. Векторное поле. Ротор и поток векторного поля. Теоремы Остроградского и Стокса. Специальные виды векторных полей.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в математический анализ.

Вопросы для обсуждения: Числовые множества. Операции над множествами. Ограниченные множества.

Тема 2: Числовые функции одного действительного переменного.

Вопросы для обсуждения: Основные элементарные функции. Функции, заданные параметрически и в полярных координатах.

Тема 3: Пределы числовых последовательностей.

Вопросы для обсуждения: Числовая последовательность и ее предел. Признаки сходимости числовых последовательностей.

Тема 4: Предел функции и его свойства. Замечательные пределы и их приложения.

Вопросы для обсуждения: Понятие предела функции. Общие свойства пределов функций. Свойства пределов, связанные с неравенствами. Бесконечно малые и бесконечно большие функции.

Тема 5: Непрерывность функции в точке и на множестве.

Вопросы для обсуждения: Непрерывность функции в точке и на множестве. Свойства функций, непрерывных на отрезке.

Тема 6: Дифференцирование функции одной переменной. Производная.

Вопросы для обсуждения: Понятие производной функции. Дифференцируемость функции. Дифференциал функции. Производные и дифференциалы основных элементарных функций. Теоремы о среднем. Правило Лопиталя.

Тема 7: Приложение производной.

Вопросы для обсуждения: Приложения производных.

Тема 8: Неопределенный интеграл и методы интегрирования.

Вопросы для обсуждения: Первообразная функции и неопределенный интеграл. Основные свойства неопределенного интеграла. Основные методы интегрирования.

Тема 9: Определенный интеграл и способы его вычисления.

Вопросы для обсуждения: Интегральная сумма. Понятие определенного интеграла. Основные

методы вычисления определенного интеграла. Приближенные методы вычисления определенных интегралов.

Тема 10: Приложения определённого интеграла в геометрии и физике.

Вопросы для обсуждения: Геометрические приложения определенных интегралов.

Физические приложения интегралов.

Тема 11: Функции нескольких независимых переменных. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных.

Вопросы для обсуждения: Понятие функции нескольких переменных. Дифференцирование функций нескольких переменных. Локальные экстремумы функции двух переменных. Условный экстремум функции нескольких переменных.

Тема 12: Кратные и криволинейные интегралы.

Вопросы для обсуждения: Понятие интеграла по фигуре и его свойства. Частные виды интегралов по фигуре от скалярной функции и их вычисление. Понятие интеграла по ориентированной фигуре от векторной функции. Формулы Остроградского и Стокса.

Тема 13: Элементы теории поля.

Вопросы для обсуждения: Скалярные поля и их характеристики. Векторные поля их основные характеристики. Специальные виды векторных полей

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в математический анализ.

Вопросы для обсуждения: Числовые множества. Операции над множествами. Ограниченные множества.

Тема 2: Числовые функции одного действительного переменного.

Вопросы для обсуждения: Основные элементарные функции. Функции, заданные параметрически и в полярных координатах.

Тема 3: Пределы числовых последовательностей..

Вопросы для обсуждения: Числовая последовательность и ее предел. Признаки сходимости числовых последовательностей.

Тема 4: Предел функции и его свойства. Замечательные пределы и их приложения..

Вопросы для обсуждения: Понятие предела функции. Общие свойства пределов функций. Свойства пределов, связанные с неравенствами. Бесконечно малые и бесконечно большие функции.

Тема 5: Непрерывность функции в точке и на множестве.

Вопросы для обсуждения: Непрерывность функции в точке и на множестве. Свойства функций, непрерывных на отрезке.

Тема 6: Дифференцирование функции одной переменной. Производная.

Вопросы для обсуждения: Понятие производной функции. Дифференцируемость функции. Дифференциал функции. Производные и дифференциалы основных элементарных функций. Теоремы о среднем. Правило Лопиталя.

Тема 7: Приложение производной.

Вопросы для обсуждения: Приложения производных.

Тема 8: Неопределенный интеграл и методы интегрирования.

Вопросы для обсуждения: Первообразная функции и неопределенный интеграл. Основные свойства неопределенного интеграла. Основные методы интегрирования.

Тема 9: Определённый интеграл и способы его вычисления.

Вопросы для обсуждения: Интегральная сумма. Понятие определенного интеграла. Основные методы вычисления определенного интеграла. Приближенные методы вычисления определенных интегралов.

Тема 10: Приложения определённого интеграла в геометрии и физике.

Вопросы для обсуждения: Геометрические приложения определенных интегралов.

Физические приложения интегралов.

Тема 11: Функции нескольких независимых переменных. Дифференциальное исчисление

функций нескольких переменных.

Вопросы для обсуждения: Понятие функции нескольких переменных. Дифференцирование функций нескольких переменных. Локальные экстремумы функции двух переменных. Условный экстремум функции нескольких переменных.

Тема 12: Кратные и криволинейные интегралы.

Вопросы для обсуждения: Понятие интеграла по фигуре и его свойства. Частные виды интегралов по фигуре от скалярной функции и их вычисление. Понятие интеграла по ориентированной фигуре от векторной функции. Формулы Остроградского и Стокса.

Тема 13: Элементы теории поля.

Вопросы для обсуждения: Скалярные поля и их характеристики. Векторные поля их основные характеристики. Специальные виды векторных полей

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: предмет математического анализа. Действительные числа. Множества и операции над ними. Принцип математической индукции. Понятие функции. Способы задания функции. Классификация функций. Предел числовой последовательности и функции. Свойства пределов. Замечательные пределы. Непрерывность функции в точке и на множестве. Понятие производной, ее геометрический и механический смысл. Правила дифференцирования. Основные теоремы дифференциального исчисления (Ролля, Лагранжа, Коши). Правило Лопиталья. Первообразная и неопределенный интеграл. Определенный интеграл, его свойства и геометрический смысл. Формула Ньютона-Лейбница. Функции нескольких переменных: предел, непрерывность, частные производные, полный дифференциал. Двойные и криволинейные интегралы: определение, свойства, условия существования. Элементы теории поля: скалярные и векторные поля, дивергенция, ротор, поток, циркуляция
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: абсолютная величина числа и ее свойства. Нахождение области определения и множества значений функций. Построение графиков с помощью преобразований. Исследование функций на четность, нечетность, периодичность. Вычисление пределов числовых последовательностей и функций. Исследование функций на непрерывность. Применение правила Лопиталья для раскрытия неопределенностей. Интегрирование методом замены переменной, по частям. Вычисление определенных интегралов. Нахождение частных производных и полного дифференциала функций нескольких переменных. Исследование функций двух переменных на экстремум. Вычисление двойных интегралов в декартовых и полярных координатах. Вычисление криволинейных интегралов. Нахождение потока и циркуляции векторного поля.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Пределы функций и последовательностей. Замечательные пределы. Производная функции и ее приложения (включая исследование функций и правило Лопиталья). Неопределенный и определенный интеграл (методы интегрирования и приложения). Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных. Кратные и криволинейные интегралы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время

можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в математический анализ	ОПК-1	Опрос, решение задач
Числовые функции одного действительного переменного	ОПК-1	Опрос, решение задач
Пределы числовых последовательностей.	ОПК-1	Опрос, решение задач
Предел функции и его свойства. Замечательные пределы и их приложения.	ОПК-1	Опрос, решение задач
Непрерывность функции в точке и на множестве	ОПК-1	Опрос, решение задач
Дифференцирование функции одной переменной. Производная.	ОПК-1	Опрос, решение задач
Приложение производной	ОПК-1	Опрос, решение задач
Неопределенный интеграл и методы интегрирования	ОПК-1	Опрос, решение задач
Определённый интеграл и способы его вычисления	ОПК-1	Опрос, решение задач
Приложения определённого интеграла в геометрии и физике	ОПК-1	Опрос, решение задач
Функции нескольких независимых переменных. Дифференциальное исчисление функций нескольких	ОПК-1	Опрос, решение задач

переменных		
Кратные и криволинейные интегралы	ОПК-1	Опрос, решение задач
Элементы теории поля	ОПК-1	Опрос, решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примерная тематика вопросов для опроса по теме «Числовые функции одного действительного переменного»: охарактеризовать понятие функции; перечислить основные элементарные функции; изобразить график основных элементарных функций; определить возрастающую функцию; дать определение периодической функции; дать определение ограниченной на множестве функции.

Пример контрольной работы по теме «Предел функции».

Вариант
1

1. $\lim_{x \rightarrow 5} \frac{x^3 + x}{x^2 + 3x}$

2. $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 + 3x}{3x^2 - 5x}$

3. $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{\sqrt{2x+1}}{\sqrt{3}}$

4. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x}$

5. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2 + 1}{\sin 3x}$

6. $\lim_{x \rightarrow 0} (1 + 2x^2)^{\frac{1}{x}}$

7. $\lim_{x \rightarrow \pi} \frac{\ln \cos x}{1 - \pi}$

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Множества. Подмножества. Операции над множествами.
2. Функция, график функции, композиция отображений, сюръекция, инъекция и биекция, обратное отображение.
3. Аксиоматика множества вещественных чисел. Аксиомы действительных чисел:
4. Грани числовых множеств.
5. Теорема Коши-Кантора о вложенных отрезках, теорема Бореля-Лебега о конечном покрытии, теорема Больцано-Вейерштрасса о предельной точке.
6. Понятие о мощности множества. Счетные множества. Континуум.
7. Понятие числовой последовательности и ее предела. Теорема о единственности предела. Ограниченность сходящихся последовательностей.
8. Свойства пределов последовательностей. Предельный переход в неравенствах.
9. Арифметические операции со сходящимися последовательностями.

10. Критерий Коши существования предела числовой последовательности.
11. Монотонные последовательности. Признак сходимости монотонной последовательности.
12. Число e .
13. Подпоследовательности. Теорема Больцано - Вейерштрасса.
14. Бесконечно большие и бесконечно малые последовательности. Основные свойства бесконечно малых и бесконечно больших последовательностей.
15. Предел функции в точке. Эквивалентность определения предела по Гейне и Коши. Единственность предела. Односторонние пределы.
16. Свойства пределов функций. Бесконечно малые и бесконечно большие функции. Пределы монотонных функций.
17. Критерий Коши существования предела функции.
18. Предел композиции функций. Второй замечательный предел.
19. Сравнение асимптотического поведения функций. O и o символика. Эквивалентные функции. Выделение главной части функции в точке.
20. Непрерывность функции в точке. Локальные свойства непрерывных функций. Точки разрыва. Классификация точек разрыва.
21. Непрерывность сложной функции.
22. Свойства функций, непрерывных на отрезке (теоремы Вейерштрасса). Теорема Коши о промежуточном значении.
23. Критерий непрерывности монотонной функции.
24. Существование и непрерывность обратной функции.
25. Равномерная непрерывность функции. Теорема Кантора.
26. Непрерывность элементарных функций.
27. Замечательные пределы
28. Определение производной. Геометрический и физический смысл производной. Односторонние производные. Необходимое условие дифференцируемости.
29. Правила дифференцирования.
30. Производная сложной функции. Производная обратной функции. Производная функции, заданной параметрически.
31. Производные элементарных функций.
32. Дифференциал функции, его геометрический смысл. Инвариантность формы первого дифференциала.
33. Производные и дифференциалы высших порядков. Формула Лейбница.
34. Теорема Ферма.
35. Теорема Ролля.
36. Теорема Лагранжа о среднем.
37. Теорема Коши о среднем.
38. Раскрытие неопределенностей по правилу Лопиталя.
39. Теорема Тейлора.
40. Локальный и глобальный варианты формулы Тейлора. Формула Тейлора с остаточным членом в общей форме, в форме Лагранжа, Коши и Пеано.
41. Формулы Тейлора для основных элементарных функций (с оценкой остатка).
42. Вычисление пределов с помощью формулы Тейлора (метод выделения главной части).
43. Применение производной к исследованию функции на монотонность и экстремум.
44. Необходимое условие экстремума функции. Достаточные условия экстремума на языке производных высших порядков.
45. Точки перегиба. Построение графиков.
46. Первообразная и неопределенный интеграл. Свойства неопределенного интеграла. Таблица основных интегралов.
47. Основные методы интегрирования: замена переменной и интегрирование по частям неопределенного интеграла
48. Интегрирование дробно-рациональных функций. Метод Остроградского.

49. Интегрирование квадратичных иррациональностей посредством подстановок Эйлера.
50. Интегралы от дифференциальных биномов. Теорема Чебышева.
51. Интегрирование некоторых трансцендентных функций.
52. Задачи, приводящие к понятию определенного интеграла. Определение интеграла Римана. Необходимое условие интегрируемости.
53. Верхние и нижние суммы Дарбу. Интеграл Дарбу.
54. Необходимые и достаточные условия интегрируемости.

Пример экзаменационного билета:

**Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет**

им. Иммануила Канта»

Институт физико-математических наук и информационных технологий

Билет № 1

*по дисциплине «Математический анализ» для направления
физических направлений*

1. Числовая последовательность и ее предел;
2. Производная и дифференциал сложной функции.

Инвариантность формы дифференциала;

3. Дать определение $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x)$;

$$x \rightarrow x_0 + 0$$

4. Найди дифференциал функции $y = \arcsin \frac{x}{a}$.

5. Вычислить $\int_0^1 e^x + 1 e^x dx$

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)

		сформированности)			
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения

дисциплины.

Основная литература

1. Пантелеев, А. В. Математический анализ: учебное пособие / А. В. Пантелеев, Н. И. Савостьянова, Н. М. Федорова. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 502 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1077332. - ISBN 978-5-16-016008-5 - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1898119>

Дополнительная литература

1. Виноградов, О. Л. Математический анализ: учебник / О. Л. Виноградов. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2017. - 752 с. - (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-3815-2. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1861364>
2. Туганбаев, А. А. Высшая математика. Основы математического анализа. Задачи с решениями и теория: учебник / А. А. Туганбаев. - Москва: ФЛИНТА, 2018. - 316 с. - ISBN 978-5-9765-3503-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1859863>
3. Берман, Г. Н. Решебник к сборнику задач по курсу математического анализа: учебное пособие / Г. Н. Берман. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-0887-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210572> (дата обращения: 09.04.2022)
4. Кудрявцев, Л. Д. Курс математического анализа [Электронный ресурс]: в 3 т.: учеб. для бакалавров. Т. 1, 2019. - 1 on-line, 703 с.
5. Кудрявцев, Л. Д. Курс математического анализа [Электронный ресурс]: в 3 т. : учеб. для бакалавров. Т. 2, кн. 1, 2019. - 1 on-line, 396 с.
6. Кудрявцев, Л. Д. Курс математического анализа [Электронный ресурс] : в 3 т. : учеб. для бакалавров. Т. 3, 2019. - 1 on-line, 351 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.2. Программа дисциплины «Аналитическая геометрия и линейная алгебра»

1. Наименование дисциплины: «Аналитическая геометрия и линейная алгебра».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний в области линейной алгебры и аналитической геометрии как основы математического аппарата, необходимого для построения и анализа физико-математических моделей объектов и процессов профессиональной деятельности в сфере технической физики.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные положения, методы и математический аппарат линейной алгебры и аналитической геометрии, способы применения полученных знаний для решения теоретических и прикладных задач в области технической физики. Уметь: строить математические модели простейших систем и процессов на основе знания линейной алгебры и аналитической геометрии и проводить необходимые расчеты в рамках построенной модели. Владеть: математическим аппаратом линейной алгебры и аналитической геометрии, необходимым для его использования при изучении других дисциплин, владеть профессиональным языком предметной области знания (линейной алгебры и геометрии); методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Аналитическая геометрия и линейная алгебра» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин (модулей) подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции, практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), и групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные методы решения систем линейных уравнений	Определители. Определители 2-го и 3-его порядков, их свойства. Алгебраические дополнения и миноры. Определители n-го порядка. Вычисление определителя разложением по строке. Матрицы. Матрицы. Операции над матрицами. Обратная матрица. Системы линейных уравнений. Определение системы линейных уравнений и её матричная запись. Ранг матрицы. Условие совместности системы линейных уравнений. Формулы Крамера. Матричный метод решения систем уравнений. Теорема Кронекера-Капели. Исследование систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса.
2.	Элементы векторной алгебры	Векторы, их аналитическое задание и линейные операции над векторами. Предмет аналитической геометрии. Векторы на плоскости и в пространстве. Линейные операции над векторами. Координаты вектора и точки на плоскости и в пространстве. Разложение вектора по базису. Направляющие косинусы и длина вектора. Скалярное произведение векторов. Скалярное произведение и его свойства. Векторное и смешанное произведения векторов. Векторное произведение векторов и его

		свойства. Смешанное произведение векторов и его свойства. Признак компланарности векторов.
3.	Элементы аналитической геометрии	Простейшие задачи аналитической геометрии. Деление отрезка в данном отношении. Расстояние между двумя точками. Полярная система координат. Связь полярных координат точки и её декартовых прямоугольных координат. Прямая на плоскости. Уравнение линии на плоскости. Параметрические уравнения линии на плоскости. Уравнения линий в полярной системе координат. Спираль Архимеда. Различные виды уравнений прямой на плоскости. Угол между двумя прямыми. Условия параллельности и перпендикулярности двух прямых. Расстояние от точки до прямой. Плоскость. Различные виды уравнений плоскости. Угол между двумя плоскостями. Условия параллельности и перпендикулярности двух плоскостей. Расстояние от точки до плоскости. Прямая в пространстве. Различные виды уравнений прямой в пространстве, их взаимосвязь. Углы между прямыми и плоскостями. Кривые второго порядка. Канонические уравнения кривых второго порядка. Эллипс, гипербола, парабола, и свойства. Технические приложения геометрических свойств кривых. Преобразование координат. Формулы преобразования координат. Изменение уравнений кривых при преобразованиях координат. Поверхности второго порядка. Уравнение поверхности. Уравнения цилиндрической и конической поверхностей. Канонические уравнения поверхностей второго порядка.
4.	Линейные пространства	Линейные пространства и их свойства. Определение линейного пространства. Линейная зависимость и линейная независимость векторов. Размерность и базис линейного пространства. Координаты вектора в данном базисе. Переход от одного базиса к другому. Евклидово пространство. Определение евклидова пространства. Скалярное произведение векторов. Длина вектора. Неравенство треугольника, неравенство Коши-Буняковского. Ортонормированный базис.
5.	Линейные отображения	Собственные векторы и собственные значения линейного отображения. Характеристическое уравнение отображения и собственные векторы линейного отображения. Приведение матрицы линейного отображения к диагональному виду. Ортогональные отображения.
6.	Квадратичные формы	Приведение квадратичной формы к

		каноническому виду. Основные определения. Матричная запись квадратичной формы. Приведение квадратичной формы к каноническому виду. Применения квадратичных форм. Критерии знакоопределенности квадратичных форм. Применение квадратичных форм к исследованию функций на экстремум.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа:

Тема 1: Основные методы решения систем линейных уравнений.

Вопросы для обсуждения: Определители. Матрицы. Системы линейных уравнений. Решения систем уравнений.

Тема 2: Элементы векторной алгебры.

Вопросы для обсуждения: Векторы, их аналитическое задание и линейные операции над векторами. Скалярное произведение векторов. Векторное и смешанное произведения векторов.

Тема 3: Элементы аналитической геометрии.

Вопросы для обсуждения: Простейшие задачи аналитической геометрии. Прямая на плоскости. Плоскость. Прямая в пространстве. Кривые второго порядка. Преобразование координат. Поверхности второго порядка.

Тема 4: Линейные пространства.

Вопросы для обсуждения: Линейные пространства и их свойства. Евклидово пространство.

Тема 5: Линейные отображения

Вопросы для обсуждения: Линейные отображения. Собственные векторы и собственные значения линейного отображения.

Тема 6: Квадратичные формы.

Вопросы для обсуждения: Приведение квадратичной формы к каноническому виду. Применения квадратичных форм.

Рекомендуемая тематика учебных занятий практических занятий:

Тема 1: Основные методы решения систем линейных уравнений.

Вопросы для обсуждения: Определители 2-го, 3-го и высших порядков. Матрицы и действия над ними. Решение систем линейных уравнений.

Тема 2: Элементы векторной алгебры.

Вопросы для обсуждения: Векторы в пространстве R^3 . Скалярное произведение векторов. Векторное и смешанное произведения векторов.

Тема 3: Элементы аналитической геометрии.

Вопросы для обсуждения: Уравнение прямой на плоскости. Уравнение плоскости. Уравнение прямой в пространстве. Кривые второго порядка. Поверхности второго порядка.

Тема 4: Линейные пространства.

Вопросы для обсуждения: Линейное пространство. Линейная зависимость и линейная независимость векторов. Нахождение размерности и базиса линейного пространства. Координаты вектора. Переход от одного базиса к другому. Неравенство треугольника, неравенство Коши-Буняковского. Скалярное произведение векторов в евклидовом пространстве и его применение.

Тема 5: Линейные отображения

Вопросы для обсуждения: Матрица линейного отображения. Связь между координатами вектора и его образа. Характеристическое уравнение отображения и собственные векторы

линейного отображения. Приведение матрицы линейного отображения к диагональному виду.
Тема 6: Квадратичные формы.
Вопросы для обсуждения: Приведение квадратичной формы к каноническому виду.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам:
Методы Гаусса, Крамера, матричного способа; анализ совместности и определенности систем. Операции над векторами (линейные операции, скалярное, векторное и смешанное произведения); геометрические приложения. Изучение уравнений прямых на плоскости и в пространстве, плоскостей, кривых и поверхностей второго порядка; построение геометрических образов. Понятия базиса, размерности, подпространства; изучение линейных оболочек и линейной зависимости систем векторов. Матрицы линейных операторов, их собственных значений и собственных векторов; преобразования подобия. Методы приведения квадратичных форм к каноническому виду (метод Лагранжа, ортогональные преобразования); изучение критериев знакоопределенности.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:
Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса, методом Крамера и матричным способом. Исследование систем на совместность и определенность. Выполнение линейных операций над векторами. Вычисление скалярного, векторного и смешанного произведений. Решение геометрических и физических задач с применением векторного аппарата. Составление уравнений прямых на плоскости и в пространстве, плоскостей. Построение и исследование кривых и поверхностей второго порядка. Решение задач на линейную зависимость и независимость систем векторов. Нахождение базиса и размерности линейных пространств и подпространств. Нахождение матриц линейных операторов в различных базисах. Вычисление собственных значений и собственных векторов. Приведение матрицы оператора к диагональному виду. Приведение квадратичных форм к каноническому виду методом Лагранжа и ортогональными преобразованиями. Исследование квадратичных форм на знакоопределенность.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:
Повторение методов Гаусса, Крамера и матричного метода. Отработка навыков исследования систем на совместность и нахождения общего и частного решений. Повторение операций над векторами и их геометрического смысла. Отработка навыков вычисления скалярного, векторного и смешанного произведений, решения прикладных задач. Повторение уравнений прямых, плоскостей, кривых и поверхностей второго порядка. Отработка навыков построения геометрических образов и решения позиционных задач. Повторение понятий базиса, размерности, линейной зависимости векторов. Отработка навыков разложения векторов по базису и определения координат. Повторение свойств линейных операторов, их матриц, собственных значений и собственных векторов. Отработка навыков приведения матриц к диагональному виду. Повторение методов приведения квадратичных форм к каноническому виду. Отработка навыков исследования форм на знакоопределенность (критерий Сильвестра).

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью выяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные методы решения систем линейных уравнений	ОПК-1	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Элементы векторной алгебры	ОПК-1	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Элементы аналитической геометрии	ОПК-1	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Линейные пространства	ОПК-1	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Линейные отображения	<i>ОПК-1</i>	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Квадратичные формы	<i>ОПК-1</i>	Тестирование, решение задач, контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

К разделу 2. Элементы векторной алгебры.

	Вопрос теста	Варианты ответов
Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень освоения компетенции	Установите последовательность векторов в порядке возрастания их модулей. 1: $\vec{i} + \vec{j}$ 2: $\vec{i} - \vec{j} - \vec{k}$ 3: $2\vec{i} - 3\vec{j} - \vec{k}$ 4: $5\vec{i} + 2\vec{j}$	
Оценка «хорошо» или повышенный уровень освоения компетенции	Даны векторы $\vec{a} = \vec{i} - \vec{j} + 3\vec{k}, \vec{b} = \vec{i} + 4\vec{k}$ Если вектор $\vec{c} = \vec{a} - 3\vec{b}$ то его координаты ...	☐ (-2; -1; -1) ☐ (-2; -1; 7) ☐ (4; -1; 7) ☒ (-2; -1; -9)
Оценка «отлично» или высокий уровень освоения компетенции	Упрощение выражения $\overline{AE} \square \overline{DE} \square \overline{DB} \square \overline{DC} \square \overline{CB} \square \overline{BD}$ приводит его к виду...	☐ $\overline{AA}$ ☐ $\overline{AN}$ ☒ $\overline{AA}$ ☐ $\overline{DA}$

Типовые задания контрольных работ.

Контрольная работа по теме «Элементы аналитической геометрии».

Вариант 1

№ 1. Даны вершины треугольника $A(-2; 0)$, $B(3; -1)$, $C(4; -2)$. Составить уравнение медианы BM , уравнение высоты CH , найти косинус угла между медианой BM и высотой CH .

№ 2. Даны две прямые $3x - y - 4 = 0$ и $x = -t + 5, y = 2t - 3$. Найти: а) точку пересечения прямых, б) уравнения биссектрис углов между прямыми.

№ 3. Найти точку Q , симметричную точке $P(9; 3; 1)$ относительно плоскости $x + 2y - 3z + 2 = 0$.

№ 4. Дан куб $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$, с ребром, равным единице. Найти расстояние между плоскостями $AB_1 D_1$ и $BC_1 D$.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Определение определителей 2-ого и 3-его порядков. Свойства определителей.
2. Минор элемента определителя. Алгебраическое дополнение элемента определителя. Теорема о разложении определителя по элементам строки или столбца.
3. Матрицы. Операции над матрицами (сложение, вычитание, умножение на число).
4. Согласованные матрицы. Произведение матриц.
5. невырожденная матрица. Обратная матрица, Транспонированная матрица. Союзная матрица. Теорема о нахождении обратной матрицы.

6. Минор матрицы. Ранг матрицы. Матрица системы, расширенная матрица системы. Решение систем матричным методом.
7. Решение системы линейных уравнений (определение). Совместная система. Решение систем методом Крамера.
8. Теорема Кронекера-Капелли о совместности системы.
9. Базисный минор матрицы. Базисные и свободные неизвестные системы линейных уравнений. Фундаментальная система решений линейных однородных уравнений.
10. Определение линейного пространства.
11. Следствия из определения с доказательством.
12. Определение системы линейно-независимых векторов.
13. Размерность линейного пространства.
14. Базис линейного пространства.
15. Теорема о разложении вектора по базису. Координаты вектора.
16. Переход к новому базису. Матрица перехода. Контргradientная матрица.
17. Евклидово пространство.
18. Длина вектора, угол между векторами.
19. Свойства евклидова пространства.
20. Ортогональный базис.
21. Проекция точки на ось, компонента вектора по оси, проекция вектора на ось.
22. Свойства проекций вектора.
23. Операции над векторами в координатной форме. Признак коллинеарности векторов.
24. Свойства скалярного произведения векторов.
25. Различные виды уравнений прямой на плоскости.
26. Общее уравнение плоскости.
27. Уравнения прямой в пространстве.
28. Кривые второго порядка.
29. Поверхности второго порядка.
30. Оператор. Линейный оператор. Образ, прообраз.
31. Линейное преобразование в матричной форме. Матрица линейного преобразования.
32. Изменение матрицы линейного преобразования при замене базиса. Подобная матрица.
33. Ортогональные преобразования.
34. Аффинные преобразования.
35. Собственные векторы и собственные значения матрицы.
36. Характеристическое уравнение матрицы. Теорема о независимости матрицы линейного преобразования от базиса.
37. Квадратичная форма n переменных. Канонический вид. Теорема о приведении к каноническому виду.
38. Положительно и отрицательно определенные квадратичные формы. Критерий Сильвестра.

Пример экзаменационного билета:

**ФГАОУ ВО Балтийский федеральный университет им.
Иммануила Канта» Институт физико-математических наук и
информационных технологий**

Билет № 1

по дисциплине «Аналитическая геометрия и линейная алгебра»

1. Определение определителей 2-ого и 3-его порядков. Свойства определителей.
2. Собственные векторы и собственные значения матрицы.
3. Задача

Утверждено на заседании Учебно-методического совета ИФМНиИТ

Протокол №__от__20_____Председатель совета А.А. Шпилевой

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических	хорошо		71-85

	степени самостоятельности и инициативы	источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Заболотский, В. С. Линейная алгебра и аналитическая геометрия (учебный комплекс): учебное пособие / В.С. Заболотский. — 2-е изд., стер. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 309 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16- 110519-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1872461>

Дополнительная литература

1. Беклемишев, Д. В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: учебник для вузов / Д. В. Беклемишев. - 12-е изд., испр. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 312 с. - ISBN 978-5-9221-0979-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1913526>

2. Артамонов, В. А. Линейная алгебра и аналитическая геометрия: курс лекций для экономических специальностей / В. А. Артамонов. - Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-7749-0720-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1405817>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.3. Программа дисциплины «Векторный и тензорный анализ»

1. Наименование дисциплины: «Векторный и тензорный анализ».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов математической компетентности в области векторного и тензорного исчисления, обеспечивающей преемственность между традиционными математическими курсами и дисциплинами теоретической физики, а также готовности применять данный математический аппарат при изучении курса общей физики, в частности его раздела «Электричество и магнетизм».

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия векторного и тензорного анализа, критерии потенциальности и соленоидальности, оператор Лапласа, коэффициенты Ламэ, свойства тензоров и физический смысл уравнений математической физики; Уметь: вычислять дивергенцию и ротор векторного поля; вычислять их поток и циркуляцию, понимать физический смысл основных интегральных теорем векторного анализа; вычислять результат действия оператора Лапласа на скалярные и векторные поля, как в декартовой прямоугольной системе координат, так и в произвольной криволинейной ортогональной системе координат; вычислять компоненты тензора любого в повернутой относительно исходной системе координат; вычислять их собственные значения и компоненты их собственных векторов. Владеть: применением теорем векторного анализа к физическим задачам электродинамики; навыками применения основных теорем векторного анализа к физическим

		задачам.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Векторный и тензорный анализ» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин (модулей) подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции, практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), и групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Векторы и тензоры. Преобразования векторов и тензоров при поворотах систем координат.	Преобразования вектора при повороте системы координат. Взаимный базис. Ковариантные и контравариантные компоненты вектора. Тензоры и операции над ними. Ковариантные и контравариантные компоненты тензора. Элементы тензорной алгебры (сложение, поднятие и опускание индекса, транспонирование, свертка, тензорное произведение). Собственные значения и собственные векторы тензора. Инварианты. Представление о псевдотензоре.
2.	Скалярные и векторные величины и поля	Определения скалярного и векторного полей. Линии уровня и эквипотенциальные поверхности. Производная по направлению, градиент. Свойства градиента. Оператор «набла». Разложение в ряд Тейлора. Изображение векторного поля с помощью векторных линий. Уравнение векторных линий. Плоское и центральное векторные поля. Линейный интеграл от векторного поля. Свойства линейного интеграла. Вычисление линейного интеграла. Циркуляция вдоль контура. Потенциальное поле. Признак потенциальности поля. Вычисление линейного интеграла от потенциального поля.

3.	Дивергенция и поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса.	Определение дивергенции векторного поля. Поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса. Приложения к теории несжимаемой жидкости и задачам электростатики. Векторная трубка. Соленоидальное поле.
4.	Ротор векторного поля и циркуляция. Теорема Стокса.	Определение ротора (вихря) векторного поля. Формулы для вычисления ротора. Теорема Стокса. Независимость линейного интеграла от пути интегрирования. Формулы Грина, Стокса. Физические приложения ротора векторного поля. Векторный потенциал. Формулы Грина.
5.	Дифференциальные операторы второго порядка.	Дифференциальные операции второго порядка. Оператор Лапласа.
6.	Дифференциальные операторы в индексных обозначениях.	Символ Кронекера. Символ Леви-Чивита. Свертка символов Леви-Чивита. Правила суммирования Эйнштейна. Представление скалярного и векторного произведений в индексной форме. Градиент, дивергенция и ротор в индексной форме.
7.	Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.	Примеры ортогональных криволинейных координат (цилиндрические, сферические). Координатные поверхности. Координатные линии. Базисные вектора. Представление о тетрадах. Проекция вектора на оси криволинейных координат. Коэффициенты Ламэ. Элемент объема, площади и линейный элемент в криволинейных координатах. Метрический тензор. Метрика. Градиент, дивергенция, оператор Лапласа и ротор в криволинейных координатах. Оператор Лапласа на сфере.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа:

Тема 1: Векторы и тензоры. Преобразования векторов и тензоров при поворотах систем координат.

Вопросы для обсуждения: Преобразования вектора при повороте системы координат. Взаимный базис. Ковариантные и контравариантные компоненты вектора.

Тензоры и операции над ними. Ковариантные и контравариантные компоненты тензора. Элементы тензорной алгебры (сложение, поднимание и опускание индекса, транспонирование, свертка, тензорное произведение).

Собственные значения и собственные векторы тензора. Инварианты. Представление о псевдотензоре.

Тема 2: Скалярные и векторные величины и поля.

Вопросы для обсуждения: Определения скалярного и векторного полей. Линии уровня и эквипотенциальные поверхности. Производная по направлению, градиент. Свойства градиента. Изображение векторного поля с помощью векторных линий. Уравнение векторных линий. Плоское и центральное векторные поля. Линейный интеграл от векторного поля. Свойства линейного интеграла. Вычисление линейного интеграла. Циркуляция вдоль контура. Потенциальное поле. Признак потенциальности поля. Вычисление линейного интеграла от потенциального поля.

Тема 3: Дивергенция и поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса.

Вопросы для обсуждения: Определение дивергенции векторного поля. Поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса. Приложения к теории несжимаемой жидкости и задачам электростатики. Векторная трубка. Соленоидальное поле.

Тема 4: Ротор векторного поля и циркуляция. Теорема Стокса.

Вопросы для обсуждения: Определение ротора (вихря) векторного поля. Формулы для вычисления ротора. Теорема Стокса. Независимость линейного интеграла от пути интегрирования. Формулы Грина, Стокса. Физические приложения ротора векторного поля. Векторный потенциал. Формулы Грина.

Тема 5: Дифференциальные операторы второго порядка.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные операции второго порядка. Оператор Лапласа.

Тема 6: Дифференциальные операторы в индексных обозначениях.

Вопросы для обсуждения: Символ Кронекера. Символ Леви-Чивита. Свертка символов Леви-Чивита. Правила суммирования Эйнштейна. Представление скалярного и векторного произведений в индексной форме. Градиент, дивергенция и ротор в индексной форме.

Тема 7: Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.

Вопросы для обсуждения: Примеры ортогональных криволинейных координат (цилиндрические, сферические). Координатные поверхности. Координатные линии. Базисные вектора. Представление о тетрадах. Проекция вектора на оси криволинейных координат. Коэффициенты Ламэ. Элемент объема, площади и линейный элемент в криволинейных координатах. Метрический тензор. Метрика. Градиент, дивергенция, оператор Лапласа и ротор в криволинейных координатах. Оператор Лапласа на сфере.

Рекомендуемая тематика учебных занятий *практических занятий*:

Тема 1: Векторы и тензоры. Преобразования векторов и тензоров при поворотах систем координат.

Вопросы для обсуждения: Вычисление компонент вектора при преобразовании систем координат. Тензорная алгебра. Собственные значения и собственные векторы тензора.

Тема 2: Скалярные и векторные величины и поля

Вопросы для обсуждения: Эквипотенциальные поверхности и линии уровня скалярных полей. Вычисление производной по направлению и градиента скалярного поля. Вычисление линейного интеграла векторного поля. Вычисление циркуляции векторного поля. Вычисление скалярного потенциала поля.

Тема 3: Дивергенция и поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса.

Вопросы для обсуждения: Вычисление потока векторного поля. Вычисление потока векторного поля через замкнутую поверхность по теореме Остроградского-Гаусса.

Тема 4: Ротор векторного поля и циркуляция. Теорема Стокса.

Вопросы для обсуждения: Вычисление циркуляции по формуле Грина. Вычисление циркуляции по теореме Стокса. Вычисление векторного потенциала соленоидального поля.

Тема 5: Дифференциальные операторы второго порядка.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные операторы второго порядка. Лапласиан.

Тема 6: Дифференциальные операторы в индексных обозначениях.

Вопросы для обсуждения: Вычисление выражений в индексной форме

Тема 7: Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.

Вопросы для обсуждения: Вычисление потенциала векторного поля в криволинейных координатах. Вычисление дивергенции, ротора векторного поля в криволинейных координатах. Вычисление линейного интеграла векторного поля в криволинейных координатах. Вычисление потока векторного поля в криволинейных координатах

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Векторы и тензоры. Определение вектора и тензора произвольного ранга. Преобразование компонент векторов и тензоров при поворотах декартовой системы координат. Скалярные и векторные величины и поля. Скалярные и векторные поля: градиент скалярного поля. Дивергенция и поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса. Ротор векторного поля и циркуляция. Теорема Стокса. Дифференциальные операторы второго порядка: оператор Лапласа, ротор от ротора, градиент дивергенции.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Вычисление компонент вектора и тензора после поворота системы координат. Нахождение градиента скалярного поля, дивергенции и ротора векторного поля. Вычисление потока векторного поля через поверхность с использованием теоремы Остроградского-Гаусса. Вычисление циркуляции векторного поля по контуру с использованием теоремы Стокса. Применение дифференциальных операторов второго порядка (оператор Лапласа от скалярного и векторного поля). Выражение градиента, дивергенции, ротора и оператора Лапласа в цилиндрических и сферических координатах через коэффициенты Ламэ.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Преобразование компонент векторов и тензоров при повороте системы координат.

2. Вычисление потока векторного поля (теорема Остроградского-Гаусса). Вычисление циркуляции векторного поля (теорема Стокса). Дифференциальные операторы первого и второго порядка в различных системах координат. Использование индексных обозначений для доказательства векторных и тензорных тождеств. Применение коэффициентов Ламэ для записи операторов в криволинейных координатах. Комплексные задачи на совместное использование теорем Остроградского-Гаусса и Стокса, дифференциальных операторов и индексных обозначений.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
1. Векторы и тензоры. Преобразования векторов и тензоров при поворотах систем координат.	ОПК-1	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
2. Скалярные и векторные величины и поля	ОПК-1	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
3. Дивергенция и поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса.	ОПК-1	Решение типовых задач
4. Ротор векторного поля и циркуляция. Теорема Стокса.	ОПК-1	Решение типовых задач
5. Дифференциальные операторы второго порядка.	ОПК-1	Решение типовых задач
6. Дифференциальные операторы в индексных обозначениях.	ОПК-1	Решение типовых задач
7. Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.	ОПК-1	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа

8.2. Типовые задачи по темам практических занятий

К Теме 2. Эквипотенциальные поверхности и линии уровня скалярных полей:

Найти поверхности уровня потенциальной энергии взаимодействия двух единичных зарядов.

Решение. В этом случае энергия взаимодействия имеет следующий вид: $v=1/r$, где r – расстояние между зарядами. Выберем декартову систему координат с центром в первом заряде. Тогда $r=(x^2+y^2+z^2)^{1/2}$, где $(x; y; z)$ суть координаты второго заряда. Очевидно, что скалярное поле определено во всем пространстве кроме начала координат. Для нахождения эквипотенциальной поверхности приравняем потенциальную энергию (скалярное поле) к постоянной $C=v_0$. Тогда уравнение эквипотенциальной поверхности принимает вид

$(x^2+y^2+z^2)^{-1/2}=v_0$. Отсюда, возводя в квадрат, получим $x^2 + y^2 + z^2=v^2$. Это уравнение описывает сферу радиусом $R=|1/v_0|$. Эквипотенциальная поверхность с большим v_0

значением потенциальной энергии v_0 находится ближе к началу координат (первому заряду). Таким образом, поверхностями уровня будут концентрические сферы, и скалярное поле является сферическим.

Найти эквипотенциальные поверхности скалярного поля и поверхность, проходящую через данную точку M .

1) $U = 10^{x+y-3z}, M(1,2,-3)$

2) $U = 4x^2 + 9y^2, M(2,0,1)$

3) $U = \frac{2}{x^2 + 9y^2 - 4z}, M(2,1,0)$

4) $U = x^2 - y^2 + 9z, M(1,0,-1)$

5) $U = x + yz, M(-1,0,1)$

6) $U = \exp(z/(x^2 + y^2)), M(-3,0,1)$

7) $U = \arctan\left(\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right), M(1,0,1)$

8) $U = x/y, M(-1,1,-2)$

9) $U = 2y + zx, M(1,0,1)$

10) $U = \frac{z^2 + y^2}{4x}, M(-3,0,1)$

8.3. Типовые варианты контрольных работ. По теме “Тензорная алгебра”:

1. Найти компоненты $T = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ в с.к., повернутой относительно исходной на 60° вокруг оси X .

2. Найти след произведения $A_{ik}B_{km}$, где $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 2 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}$.

3. Найти собственные значения и собственные векторы тензора

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

4. Даны тензор $T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 3 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$ и вектор $A = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$. Найти выражения:

$$T_{ik}A_k, A_iT_{ik}, \epsilon_{ijk}T_{jk} - \delta_{ij}A_j, \epsilon_{ijk}A_i - T_{jk}.$$

5. Координаты параболического цилиндра $(q^1, q^2, q^3) = (u, v, z)$ связаны с

декартовыми по следующим формулам: $x = \frac{c}{2}(u^2 - v^2)$, $y = cuv$, $z = z$

(c – постоянная величина). Выразить базисные векторы e_i через декартовы орты, найти компоненты метрического тензора g_{ik} данной системы координат.

8.4. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Ортогональные преобразования систем координат. Преобразование вектора при переходе от одной системы координат к другой.
2. Определение тензора второго ранга. Преобразование тензора при переходе от одной системы координат к другой.
3. Взаимные базисы векторов. Ковариантные и контравариантные векторы.
4. Сложение, умножение и свертывание тензоров. Симметричные и антисимметричные тензоры.
5. Собственные значения и собственные векторы симметричного тензора 2-го ранга.
6. Скаляры и векторы. Смешанное и двойное векторное произведения.
7. Индексная запись в векторной алгебре. Символы Кронекера и Леви-Чивита.
8. Скалярное поле. Линии и поверхности уровня. Градиент скалярного поля.
9. Способы задания скалярных полей и задания градиента. Свойства градиента.
10. Производная по направлению скалярного поля.
11. Векторное поле. Векторные линии.
12. Линейный интеграл векторного поля. Потенциальное поле.
13. Потенциал векторного поля. Восстановление потенциала по полю.
14. Применение понятия градиента в теории теплопроводности. Закон Фурье.
15. Применение понятия градиента в гидродинамике. Уравнение Эйлера.
16. Криволинейные координаты. Сферическая и цилиндрическая системы координат.
17. Коэффициенты Ламе. Частный случай сферической и цилиндрической системы координат.
18. Оператор Гамильтона. Его свойства и связь с градиентом, дивергенцией и ротором. Дифференциальные операторы 2-го порядка.
19. Поток и дивергенция векторного поля.
20. Теорема Остроградского-Гаусса.
21. Формула Грина. Теорема Стокса. Ротор векторного поля.
22. Формулы Грина.
23. Соленоидальное векторное поле. Векторный потенциал.
24. Градиент, дивергенция и ротор в криволинейных координатах.
25. Поток и линейный интеграл векторного поля в криволинейных координатах.
26. Оператор Лапласа в криволинейных координатах.
27. Лапласово векторное поле. Гармонические функции.
28. Основная теорема векторного анализа.

8.5. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивный	Изложение в	удовлетв		55-70

творительный (достаточный)	ая деятельность	пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	орительный		
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Высшая математика. Разделы: кратные интегралы, векторный анализ, ряды, элементы комплексного анализа: учебное пособие / И. А. Кашапов, Р. Ф. Кашапова, М. И. Орлов, В. Ф. Софиева. — Москва: ИД МИСиС, 1999. — 122 с. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1230599>
2. Ким-Тян, Л. Р. Интегральное исчисление функций многих переменных: векторный анализ : курс лекций / Л. Р. Ким-Тян, И. С. Недосекина. — Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2018. — 96 с. — ISBN 978-5-906846-98-3. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/123053>

Дополнительная литература

1. Димитриенко, Ю. И. Тензорное исчисление: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по физико-математическим и машиностроительным специальностям / Ю. И. Димитриенко. — Москва: Высшая школа, 2001. — 575 с. — Библиогр.: с. 567-568. — ISBN 5-06-004155-7.
2. Гопенгауз, Б. Е. Основы тензорного анализа: курс лекций / Б. Е. Гопенгауз. — Москва: ИД МИСиС, 2001. — 165 с. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1231408>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.
 ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".
 НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
 eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
 ЭБС Консультант студента
 ПРОСПЕКТ ЭБС
 Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления

образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.4. Программа дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика»

1.Наименование дисциплины: «Теория вероятностей и математическая статистика».

Цель изучения дисциплины: изучение основных понятий теории вероятностей и овладение методами математической статистики для обработки и анализа первичных статистических данных.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия и методы теории вероятностей и математической статистики. Уметь: логически мыслить, подбирать формулы, соответствующие типам задач, использовать математические методы и модели для решения прикладных задач. Владеть: основными приемами и способами вычисления вероятностей наступления случайных событий, их числовых характеристик, оценок, а также методами количественного анализа процессов обработки, поиска и передачи информации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория вероятностей и математическая статистика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Вероятности случайных событий	Определения суммы, произведения, разности событий, противоположного события. Определение классической вероятности. Формулы числа размещений, перестановок и сочетаний. Свойство устойчивости относительной частоты. Определение статистической вероятности. Определение геометрической вероятности. Аксиомы вероятности. Расширенная аксиома сложения. Следствия из аксиом. Условная вероятность (классический подход). Условная вероятность (аксиоматический подход). Формула умножения вероятностей (для двух и для трех событий). Независимые события. Формула умножения вероятностей для двух независимых событий. Формула полной вероятности. Априорные и апостериорные вероятности гипотез. Формула Байеса.
2.	Случайные величины	Понятие случайной величины (СВ). Дискретная случайная величина (ДСВ). Закон распределения ДСВ. Определение СВ. Формула Бернулли. Биномиальное распределение. Формула Пуассона.

		Распределение Пуассона. Функция распределения СВ. Свойства функции распределения. Формула вероятности попадания СВ на полуинтервал $[a, b)$. Непрерывная случайная величина (НСВ). Плотность распределения НСВ. Теорема о вероятности попадания НСВ в заданную точку. Свойства $C1-C4$ плотности распределения. Математическое ожидание ДСВ и НСВ. Свойства математического ожидания. Дисперсия и стандартное отклонение СВ. Вспомогательная формула для дисперсии. Свойства дисперсии. Начальный момент k-го порядка. Центральный момент k-го порядка. Формулы, выражающие центральные моменты через начальные. Коэффициент асимметрии. Формула плотности равномерного распределения. Формула плотности нормального распределения. Система случайных величин (ССВ). Дискретная ССВ. Функция распределения ССВ. Свойства функции распределения ССВ. Непрерывная ССВ (НССВ). Плотность распределения НССВ. Теорема о вероятности попадания НССВ в прямоугольник. Свойства плотности распределения НССВ. Ковариация ССВ. Формула для ковариации. Свойства ковариации. Коэффициент корреляции. Свойства коэффициента корреляции.
3.	Основы математической статистики	Генеральная совокупность, выборка Варианта, дискретный вариационный ряд Относительная частота варианты Полигон частот. Полигон относительных частот Статистическая оценка параметра Несмещённость. Исправленная выборочная дисперсия Состоятельность. Достаточный признак состоятельности Эффективность. Неравенство Рао-Крамера. Начальный эмпирический момент k-го порядка. Центральный эмпирический момент k-го порядка Функция правдоподобия для непрерывной СВ Уравнение правдоподобия. Интервальная оценка параметра. Доверит. интервал для оценки a при известном. Доверит. интервал для оценки a при неизвестном. Распределение Пирсона Г-распределение. Мат. ожидание и дисперсия распределения Пирсона. Квантиль распределения Пирсона Распределение Стьюдента. Плотность распределения Стьюдента. Мат. ожидание и дисперсия распределения Стьюдента. Квантиль распределения Стьюдента Статистическая гипотеза. Ошибка первого рода Ошибка второго рода Уровень значимости Мощность критерия. Принцип выбора критической области. Линейная регрессионная модель с одним предиктором. Выборочный коэффициент корреляции. Система

		нормальных уравнений МНК (с одним предиктором). Линейная регрессионная модель с несколькими предикторами. Система нормальных уравнений МНК (в матричной форме).

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа:

Тема 1. Вероятности случайных событий

Вопросы для обсуждения: Случайные события. Вычисление вероятностей. Условные вероятности.

Тема 2. Случайные величины

Вопросы для обсуждения: Дискретные случайные величины. Непрерывные случайные величины. Моменты. Формулы Лапласа. Дискретные системы случайных величин. Двумерные непрерывные случайные

Тема 3: Основы математической статистики.

Вопросы для обсуждения: Дискретный статистический ряд. Интервальный статистический ряд. Доверительные интервалы. Выравнивающая кривая. Проверка гипотезы о нормальном законе. Линейная регрессия.

Рекомендуемая тематика учебных занятий практических занятий:

Тема 1. Вероятности случайных событий

Вопросы для обсуждения: Случайные события. Вычисление вероятностей. Условные вероятности.

Тема 2. Случайные величины

Вопросы для обсуждения: Дискретные случайные величины. Непрерывные случайные величины. Моменты. Формулы Лапласа. Дискретные системы случайных величин. Двумерные непрерывные случайные

Тема 3: Основы математической статистики.

Вопросы для обсуждения: Дискретный статистический ряд. Интервальный статистический ряд. Доверительные интервалы. Выравнивающая кривая. Проверка гипотезы о нормальном законе. Линейная регрессия.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам:

Классическое, геометрическое, статистическое определение вероятности. Элементы комбинаторики. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Условная вероятность. Формула полной вероятности и формулы Байеса. Схема Бернулли. Дискретные и непрерывные случайные величины. Ряд распределения и функция распределения. Плотность вероятности. Числовые характеристики (математическое ожидание, дисперсия, СКО). Основные законы распределения (биномиальный, Пуассона, равномерный, показательный, нормальный). Генеральная совокупность и выборка. Вариационный ряд, полигон и гистограмма. Эмпирическая функция распределения. Точечные и интервальные оценки параметров. Доверительные интервалы. Проверка статистических гипотез.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:

Классическая вероятность и комбинаторика. Теорема сложения и умножения. Схема Бернулли. Построение ряда распределения ДСВ. Вычисление числовых характеристик.

Задачи на равномерное и показательное распределение. Задачи на нормальное распределение (правило трёх сигм). Задачи на распределение Пуассона. Основы математической статистики: Вычисление выборочного среднего и дисперсии. Построение доверительных интервалов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Повторение всех формул вероятности. Решение комбинированных задач. Нахождение функции распределения по плотности и наоборот. Расчёт $M(X)$, $D(X)$ для разных законов. Задачи на нормальное распределение (интегральная функция Лапласа). Расчёт доверительных интервалов для среднего и дисперсии. Проверка гипотез о виде распределения. Интерпретация p -уровня значимости.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по

		дисциплине
Тема 1. Вероятности случайных событий	ОПК-1	Задачи самостоятельных работ. Задачи контрольной работы. Вопросы опроса.
Тема 2. Случайные величины	ОПК-1	Задачи самостоятельных работ. Задачи контрольной работы. Вопросы опроса
Тема 3 Основы математической статистики	ОПК-1	Задачи самостоятельных работ. Задачи контрольной работы. Вопросы опроса

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Пример задач самостоятельных работ:

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №1 «Случайные события»

Задание №1. Подброшены две игральные кости. Какова вероятность события «произведение выпавших чисел делится на три либо на два»?

Задание №2. В корзине 2 белых, 3 синих и 5 красных шаров. Наугад извлечены три шара. Какова вероятность, что среди извлеченных шаров окажется 2 белых и синий?

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №2 «Условные вероятности»

Задание №1. В первой клетке содержатся 5 попугаев, из которых 3 – говорящих, во второй клетке – 6 попугаев, все говорящие. Из первой клетки взяли наугад одного попугая и пересадили во вторую. Затем из второй клетки случайным образом взяли одного попугая и продали его покупателю, желающему приобрести собеседника. Какова вероятность, что покупателю достанется говорящий попугай?

Задание №2. Два автомата производят одинаковые детали, которые поступают на общий конвейер, причем 1-й автомат производит 30% всей продукции. Известно, что процент бракованных изделий, выпускаемых первым автоматом, равен 20%, а для второго автомата процент брака составляет 10%. Наудачу взятая с конвейера деталь оказалась бракованной. Найти вероятность того, что эта деталь произведена первым автоматом.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Определения суммы, произведения, разности событий, противоположного события. Определение классической вероятности.
2. Формулы числа размещений, перестановок и сочетаний (все – без повторений).
3. Свойство устойчивости относительной частоты. Определение статистической вероятности.
4. Определение геометрической вероятности (для случая фигур на плоскости).

5. Аксиомы $A1-A3$. Расширенная аксиома сложения. Следствия из аксиом.
6. Условная вероятность (классический подход). Условная вероятность (аксиоматический подход). Формула умножения вероятностей (для двух и для трех событий).
7. Независимые события. Формула умножения вероятностей для двух независимых событий.
8. Формула полной вероятности. Априорные и апостериорные вероятности гипотез. Формула Байеса. Понятие случайной величины (СВ). Дискретная случайная величина (ДСВ). Закон распределения ДСВ. Определение СВ.
9. Формула Бернулли. Биномиальное распределение.
10. Формула Пуассона. Распределение Пуассона.
11. Функция распределения СВ. Свойства функции распределения. Формула вероятности попадания СВ на полуинтервал $[a, b)$.
12. Непрерывная случайная величина (НСВ). Плотность распределения НСВ. Теорема о вероятности попадания НСВ в заданную точку. Свойства плотности распределения.
13. Математическое ожидание ДСВ и НСВ. Свойства математического ожидания.
14. Дисперсия и стандартное отклонение СВ. Вспомогательная формула для дисперсии. Свойства дисперсии.
15. Начальный момент k -го порядка. Центральный момент k -го порядка. Формулы, выражающие центральные моменты второго и третьего порядков через начальные моменты. Коэффициент асимметрии.
16. Формула плотности равномерного распределения.
17. Формула плотности нормального распределения.
18. Система случайных величин (ССВ). Дискретная ССВ.
19. Функция распределения ССВ. Свойства функции распределения ССВ.
20. Непрерывная ССВ (НССВ). Плотность распределения НССВ. Теорема о вероятности попадания НССВ в прямоугольник. Свойства плотности распределения НССВ.
21. Ковариация ССВ. Формула для ковариации. Свойства ковариации.
22. Коэффициент корреляции. Свойства коэффициента корреляции.
23. Генеральная совокупность, выборка. Объем совокупности. Способы отбора. Основные принципы выборочного метода.
24. Варианта, дискретный вариационный ряд. Относительная частота варианты. Полигон частот. Полигон относительных частот.
25. Статистическая оценка параметра. Несмещенность. Исправленная выборочная дисперсия.
26. Состоятельность. Достаточный признак состоятельности.
27. Эффективность. Неравенство Рао – Крамера.
28. Начальный эмпирический момент k -го порядка. Центральный эмпирический момент k -го порядка.
29. Функция правдоподобия для непрерывной СВ. Уравнение правдоподобия.
30. Интервальная оценка параметра.
31. Доверит. интервал для оценки μ при известном стандартном отклонении.
32. Доверит. интервал для оценки μ при неизвестном стандартном отклонении. Распределение Пирсона. Плотность распределения Пирсона, математическое ожидание и дисперсия. Квантиль распределения Пирсона.
33. Γ -распределение, его плотность, математическое ожидание и дисперсия.

34. Распределение Стьюдента Плотность распределения Стьюдента Мат. ожидание и дисперсия распределения Стьюдента Квантиль распределения Стьюдента
35. Распределение Фишера, его плотность.
36. Статистическая гипотеза Ошибка первого рода Ошибка второго рода Уровень значимости Мощность критерия Принцип выбора критической области
37. Линейная регрессионная модель с одним предиктором
38. Выборочный коэффициент корреляции
39. Система нормальных уравнений МНК (с одним предиктором)
40. Линейная регрессионная модель с несколькими предикторами
41. Система нормальных уравнений МНК (в матричной форме)

8.5. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно	хорошо		71-85

	образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Коган, Е. А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / Е. А. Коган, А. А. Юрченко. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 250 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – DOI 10.12737/textbook_5cde54d3671a96.35212605. – ISBN 978-5-16-014235-7. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1541962>
2. Бочаров, П. П. Теория вероятностей. Математическая статистика: [Электронный ресурс] / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. – 2-е изд. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 296 с. – ISBN 5-9221-0633-3. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/405754>

Дополнительная литература

1. Ананьевский, С. М. Теория вероятностей с примерами и задачами: учебное пособие / С. М. Ананьевский, В. Б. Невзоров. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2013. – 240 с. – ISBN 978-5-288-05491-4. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/940734>
2. Корчагин, В. В. Теория вероятностей и математическая статистика: практикум / В. В. Корчагин, С. В. Белокуров, Р. В. Кузьменко. – Воронеж: Воронежский институт ФСИН России, 2019. – 162 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1086219>
3. Двойцова, И. Н. Элементы теории вероятностей и математической статистики: учебное пособие / И. Н. Двойцова. – Железногорск: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 136 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1844137>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.5. Программа дисциплины «Программирование»

1. Наименование дисциплины: «Программирование».

Цель изучения дисциплины: формирование алгоритмического мышления и практических навыков разработки программного обеспечения, необходимые для решения прикладных задач с использованием современных языков и технологий программирования.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-3. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, прикладных компьютерных программ и работать с информацией в глобальных информационных сетях	ОПК-3.1. Проводит конструкторские и инженерные расчеты, моделирование физических процессов, испытательные работы с использованием современного программного обеспечения. ОПК-3.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений	Знать: синтаксис Python, основных библиотек и способы организации данных, включая их особенности, достоинства и недостатки. Уметь: писать код на Python, подключать библиотеки, находить/исправлять ошибки и оптимизировать программы для инженерных расчётов, моделирования и испытаний. Владеть: работой в Python, поиском информации по библиотекам и чтением документации для представления результатов профессиональной деятельности с использованием цифровых и программных решений

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Программирование» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Общее понятие о программировании. Виды языков программирования. Язык Python.	Языки программирования. Компиляция и интерпретация. Менеджмент памяти. Процедурное, функциональное, объектно-ориентированное программирование. Основные языки программирования. Особенности языка Python. IDE. Интерактивный и пакетный режим работы языка Python.
2.	Базовые типы данных языка Python	Переменные. Int, float, str, list. Арифметические операции. Ввод и вывод
3.	Условия и циклы	Базовые понятия условий и циклов. if..else. Условия. True и False. Булева алгебра и логические операции. Цикл while. Цикл for. Range. Break и Continue. Pass. Match.
4.	Функции. Lambda- выражения	Определение функции. Передача параметров и возврат значений. Локальные, нелокальные и глобальные переменные. Рекурсия. Функция как переменная и функции высших порядков. Замыкания. Docstring. Lambda-выражения.
5.	Структуры данных	Коллективные типы данных. List, Tuple, Set, Dict. Стек и очередь. List и Set comprehension. Вложение структур данных. Работа с файлами. JSON.
6.	Модули	Стандартные библиотеки. Подключение модулей. Создание своих модулей. Иерархическая структуризация модулей.
7.	Классы, ООП.	Объектно-ориентированное программирование. Классы. Инстансы. Переопределение операторов. Наследование.
8.	Исключения и их обработка	Исключения. Стандартные исключения. Обработка исключений. Пользовательские исключения
9.	Стандартные библиотеки языка Python	Стандартные библиотеки языка Python. os. Glob,sys, re, math, random, statistics, urllib, datetime, timeit, doctest, unittest, template, zipfile,array
10.	Библиотеки для работы с математикой	Numpy, SciPy, Matplotlib, SymPy

11.	Реализация GUI в языке Python	Базовые представления о GUI. Обзор основных библиотек для работы с GUI. Tkinter
12.	Работа с графическими файлами	Библиотека Pillow
13.	Работа с компьютерными сетями	Библиотека requests. Криптография и https. RPC
14.	Параллельное программирование	Базовые идеи. Yield. Async

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Общее понятие о программировании. Виды языков программирования. Язык Python.

Вопросы для обсуждения: Что такое программирование? Классификация языков (низкого/высокого уровня, компилируемые/интерпретируемые). Области применения Python.

Тема 2: Базовые типы данных языка Python.

Вопросы для обсуждения: Числовые типы (int, float, complex). Строки (str): операции, методы, форматирование. Логический тип (bool). Преобразование типов. Динамическая типизация.

Тема 3: Условия и циклы.

Вопросы для обсуждения: Условный оператор if-elif-else. Логические операторы (and, or, not). Циклы while и for. Операторы break, continue, else в циклах. Генераторы списков.

Тема 4: Функции. Lambda- выражения.

*Вопросы для обсуждения: Определение и вызов функций. Аргументы (позиционные, именованные, по умолчанию, *args, **kwargs). Возврат значений (return). Области видимости (global, nonlocal). Анонимные функции lambda.*

Тема 5: Структуры данных.

Вопросы для обсуждения: Списки (list), кортежи (tuple), множества (set), словари (dict). Операции, методы, особенности. Когда что выбирать? Сравнение по памяти и скорости.

Тема 6: Модули.

Вопросы для обсуждения: онятие модуля. Импорт (import, from ... import, as). Пространства имён. Пакеты (__init__.py). Условный запуск модуля (if __name__ == "__main__").

Тема 7: Классы, ООП.

Вопросы для обсуждения: Основы ООП: классы, объекты. Конструктор (__init__). Атрибуты и методы. Инкапсуляция (приватные атрибуты). Наследование. Полиморфизм. Магические методы (__str__, __repr__ и др.).

Тема 8: Исключения и их обработка.

Вопросы для обсуждения: Исключения: try-except-else-finally. Типы исключений. Генерация исключений (raise). Создание собственных исключений. Рекомендации по обработке ошибок.

Тема 9: Стандартные библиотеки языка Python.

Вопросы для обсуждения: Обзор полезных модулей из стандартной библиотеки: sys, os, datetime, random, math, json, re, collections, itertools, pathlib. Примеры применения.

Тема 10: Библиотеки для работы с математикой.

Вопросы для обсуждения: Библиотека *math*: основные функции и константы. *NumPy*: массивы, векторные операции, линейная алгебра. *SciPy* (обзор). *Matplotlib* для визуализации. Сравнение с чисто Python-решениями.

Тема 11: Реализация GUI в языке Python.

Вопросы для обсуждения: Основные фреймворки: *Tkinter* (встроенный), *PyQt/PySide*, *wxPython*, *Kivy*. Базовые виджеты, событийная модель, компоновка интерфейса. Достоинства и недостатки каждого подхода.

Тема 12: Работа с графическими файлами.

Вопросы для обсуждения: Библиотеки: *Pillow* (чтение, запись, редактирование изображений), *OpenCV* (обработка, фильтры). Форматы изображений. Базовые операции: изменение размера, поворот, наложение фильтров.

Тема 13: Работа с компьютерными сетями

Вопросы для обсуждения: Модули: *socket* (низкоуровневые сокет), *requests* (HTTP-запросы), *asyncio* для асинхронных сетевых операций. Клиент-серверное взаимодействие. Парсинг веб-страниц (*BeautifulSoup*, *Scrapy* обзорно).

Тема 14: Параллельное программирование.

Вопросы для обсуждения: GIL (Global Interpreter Lock). Многопоточность (*threading*) и многопроцессорность (*multiprocessing*). Асинхронное программирование (*asyncio*, *async/await*). Когда что эффективнее. Проблемы синхронизации (гонки данных, блокировки).

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Общее понятие о программировании. Виды языков программирования. Язык Python.

Вопросы для обсуждения: Освоение IDE. Работа в интерактивном и пакетном режиме. Использование отладчика.

Тема 2: Базовые типы данных языка Python.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с базовыми типами данных

Тема 3: Условия и циклы.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с циклами и условиями

Тема 4: Функции. Lambda- выражения.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с функциями

Тема 5: Структуры данных.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу со сложными структурами данных

Тема 6: Модули.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с модулями.

Тема 7: Классы, ООП.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с классами.

Тема 8: Исключения и их обработка.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с исключениями.

Тема 9: Стандартные библиотеки языка Python.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу со

стандартными библиотеками языка Python.

Тема 10: Библиотеки для работы с математикой.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с библиотеками для работы с математикой.

Тема 11: Реализация GUI в языке Python.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с Tkinter

Тема 12: Работа с графическими файлами.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с графическими файлами

Тема 13: Работа с компьютерными сетями

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с компьютерными сетями

Тема 14: Параллельное программирование.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей параллельное программирование

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Понятие программирования, классификация языков, место и философия Python. Базовые типы данных: числовые, строковые, логический.. Условные операторы, логические выражения. Циклы while и for, операторы управления циклом. Определение и вызов функций. Виды аргументов, области видимости. Списки, множества, словари: операции, методы, критерии выбора. Модули и пакеты: импорт, пространства имён, условный запуск модуля. Основы ООП: классы, объекты, конструктор. Исключения: обработка, генерация, создание собственных исключений. Обзор стандартной библиотеки: работа с системой, датами, случайными числами, регулярными выражениями. Математические библиотеки: назначение, базовые возможности. Работа с графическими файлами: форматы, основные операции (чтение, запись, редактирование). Параллельное программирование: потоки, процессы, асинхронность.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:

Настройка среды разработки, написание и запуск первой программы. Решение задач на арифметические операции, преобразование типов, обработку строк. Разработка алгоритмов с ветвлениями и циклами. Использование генераторов списков. Создание функций с различными типами аргументов. Создание собственных модулей и пакетов. Организация импорта в проекте. Реализация классов для предметных моделей. Построение иерархий наследования. Написание программ с обработкой исключений (ввод данных, файловые операции). Построение простых графиков. Создание мини-приложения с графическим интерфейсом (например, калькулятор). Пакетная обработка изображений (изменение размера, применение фильтров). Сравнение синхронной, многопоточной, многопроцессорной и асинхронной версий программы.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Типы данных, преобразование типов, строковые методы. Организация ввода-вывода.

2. Ветвления, циклы, генераторы списков. Типовые алгоритмические задачи. Функции: определение, вызов, виды аргументов, возвращаемые значения. Базовые операции со списками, кортежами, множествами, словарями. Типовые задачи на каждый тип. Обработка исключений: стандартные конструкции и создание собственных исключений. Применение стандартных модулей: генерация случайных чисел, работа с датами, регулярные выражения. Базовые операции с изображениями: чтение, запись, изменение

размера, фильтрация. Создание потоков и процессов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Общее понятие о программировании. Виды языков программирования. Язык Python.	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Базовые типы данных языка Python	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Условия и циклы	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Функции. Lambda- выражения	ОПК-3	Написание и проверка

		контрольной программы
Структуры данных	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Модули	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Классы, ООП.	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Исключения и их обработка	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Стандартные библиотеки языка Python	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Библиотеки для работы с математикой	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Реализация GUI в языке Python	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Работа с графическими файлами	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Работа с компьютерными сетями	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Параллельное программирование	ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Тема 1. Общее понятие о программировании. Виды языков программирования. Язык Python. Рассчитать в консоли $(2+5)**3/3.3$

Тема 2. Базовые типы данных языка Python Вывести пирамиду квадрат 3 на 3 из символов *

Тема 3. Условия и циклы. Вывести на экран все простые числа меньше 1000

Тема 4. Функции. Lambda-выражения. Вывести на экран все простые числа меньше 1000. Оформить проверку на простоту в виде отдельной функции.

Тема 5. Структуры данных. Вывести на экран список, содержащий все простые числа меньше 1000. Использовать list comprehension для формирования этого списка.

Тема 6. Модули. Вывести на экран все простые числа меньше 1000. Оформить проверку на простоту в виде отдельной функции, которая должна быть вынесена в отдельный модуль и подключаться из него.

Тема 7. Классы, ООП. Создать класс для работы с 3-х мерными векторами, поддерживающий все необходимые арифметические операции.

Тема 8. Исключения и их обработка. Создать программу, которая ищет в файле самое большое число. Программа должна корректно обрабатывать все возможные проблемы чтения из файла при помощи исключений.

Тема 9. Стандартные библиотеки языка Python. Создать программу, которая выводит на экран текущее время.

Тема 10. Библиотеки для работы с математикой. Создать программу, которая рисует график $y=x^2$

Тема 11. Реализация GUI в языке Python. Написать графический калькулятор, который складывает 2 числа

Тема 12. Работа с графическими файлами. Создать программу, которая считывает jpeg файл, подписывает его ткущим числом и сохраняет обратно то, что получилось.

Тема 13. Работа с компьютерными сетями. Создать программу, которая ищет в файле самое

большое число. Файл должен быть считан с web- сервера в интернете.

Тема 14. Параллельное программирование. Вывести на экран все простые числа меньше 1000. Проверка на простоту должна осуществляться в несколько потоков.

8.3 Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Общее понятие о программировании. Виды языков программирования. Язык Python.
2. Базовые типы данных языка Python.
3. Условия и циклы.
4. Функции. Lambda-выражения.
5. Структуры данных.
6. Модули.
7. Классы, ООП.
8. Исключения и их обработка.
9. Стандартные библиотеки языка Python.
10. Библиотеки для работы с математикой.
11. Реализация GUI в языке Python.
12. Работа с графическими файлами.
13. Работа с компьютерными сетями.
14. Параллельное программирование.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение	Включает	хорошо		71-85

й	знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Гуриков, С. Р. Основы алгоритмизации и программирования на Python: учебник / С. Р. Гуриков. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 352 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-102278-8. — Текст: электронный // Знаниум: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=379975>.

2. Жуков, Р. А. Язык программирования Python: практикум: учебное пособие / Р. А. Жуков. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 210 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-107207-3. — Текст: электронный // Знаниум: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=378601>.

Дополнительная литература

1. Python Programming And Numerical Methods: A Guide For Engineers And Scientists. — Текст: электронный // Berkeley: [сайт]. — URL: <https://pythonnumericalmethods.berkeley.edu/notebooks/Index.html>

2. Python.org: официальный сайт. — URL: <https://python.org/>
3. The Hitchhiker's Guide to Python! — URL: <https://docs.python-guide.org/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.6. Программа дисциплины «Дифференциальные и интегральные уравнения»

1. Наименование дисциплины: «Дифференциальные и интегральные уравнения».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов представления о физических задачах, приводящих к обыкновенным дифференциальным и интегральным уравнениям, выражающееся в овладении фундаментальными понятиями теории обыкновенных дифференциальных и интегральных уравнений и формировании практических навыков решения и исследования основных типов обыкновенных дифференциальных уравнений первого и второго порядков.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: Основы аппарата теории обыкновенных дифференциальных и интегральных уравнений, необходимых для решения теоретических и практических физических задач, теоретические основы и принципы математического моделирования Уметь: использовать математические методы при решении прикладных задач, приводящих к обыкновенным дифференциальным и интегральным уравнениям. Проводить конструкторские и инженерные расчеты, моделирование физических процессов с учетом знаний дифференциальных и интегральных уравнений Владеть: навыками математического исследования динамических проблем из различных областей физики и применения дифференциальных и интегральных уравнений для решения задач профессиональной деятельности

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифференциальные и интегральные уравнения» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в теорию обыкновенных дифференциальных уравнений. Уравнения с разделяющимися переменными	Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Общие и частные решения. Задача Коши. Уравнения с разделяющимися переменными.
2.	Однородные дифференциальные уравнения первого порядка	Однородные дифференциальные уравнения в дифференциалах. Однородные дифференциальные уравнения нормального вида.
3.	Линейные дифференциальные уравнения первого порядка и сводящиеся к ним	Определение линейного дифференциального уравнения первого порядка. Метод Бернулли. Метод Лагранжа. Уравнение Бернулли. Уравнение Риккати.
4.	Уравнения в полных дифференциалах	Теорема о необходимом и достаточном условии для существования полного дифференциала. Метод решения уравнения в полных дифференциалах.

5.	Уравнения интегрирующим множителем	Лемма об интегрирующем множителе. Алгоритм нахождения интегрирующего множителя в случае, когда искомым множителем зависит только от одной переменной.
6.	Уравнения, неразрешённые относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.	Понятие особого решения дифференциального уравнения первого порядка. Уравнение Клеро. Задачи, в которых возникает уравнение Клеро. Уравнение Лагранжа.
7.	Основные определения теории дифференциальные уравнения высших порядков	Понятие дифференциального уравнения n -ого порядка. Лемма об эквивалентности уравнения n -го порядка системе из n уравнений первого порядка. Общее и частное решения дифференциального уравнения n -го порядка.
8.	Уравнения, допускающие понижение порядка	Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от неизвестной функции и от её первых k производных. Задача о терминальной скорости. Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от независимой переменной. Задача о гармоническом осцилляторе. Дифференциальные уравнения, однородные по неизвестной функции и всем её производным.
9.	Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка	Понятие линейного дифференциального уравнения второго порядка. Свойства решения однородного линейного дифференциального уравнения. Определитель Вронского и лемма о линейно независимых частных решениях линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка. Теорема об общем решении однородного дифференциального уравнения второго порядка. Решение однородного линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.
10.	Неоднородные линейные	Свойства общего решения неоднородных линейных дифференциальных

	дифференциальные уравнения второго порядка	уравнений. Метод вариации постоянных. Нахождение общего решения неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка о специальной правой частью.
11.	Введение в теорию дифференциальных уравнений с граничными условиями	Понятие граничного условия. Задача о колебаниях закрепленной струны.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в теорию обыкновенных дифференциальных уравнений. Уравнения с разделяющимися переменными.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Понятие порядка дифференциального уравнения. Общее и частное решения. Задача Коши. Уравнения с разделяющимися переменными.

Тема 2: Однородные дифференциальные уравнения первого порядка.

Вопросы для обсуждения: Однородные дифференциальные уравнения в дифференциалах. · Однородные дифференциальные уравнения нормального вида.

Тема 3: Линейные дифференциальные уравнения первого порядка и сводящиеся к ним.

Вопросы для обсуждения: Определение линейного дифференциального уравнения первого порядка. Метод Бернулли. Метод Лагранжа (вариация произвольной постоянной). Уравнение Бернулли. Уравнение Риккати.

Тема 4: Уравнения в полных дифференциалах.

Вопросы для обсуждения: Теорема о необходимом и достаточном условии существования полного дифференциала. Метод решения уравнения в полных дифференциалах.

Тема 5: Уравнения с интегрирующим множителем.

Вопросы для обсуждения: Лемма об интегрирующем множителе. Алгоритм нахождения интегрирующего множителя, зависящего только от одной переменной (от x или от y).

Тема 6: Уравнения, неразрешённые

относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.

Вопросы для обсуждения: Понятие особого решения дифференциального уравнения первого порядка. Уравнение Клеро. Задачи, в которых возникает уравнение Клеро. Уравнение Лагранжа.

Тема 7: Основные определения теории дифференциальные уравнения высших порядков.

Вопросы для обсуждения: Понятие дифференциального уравнения n -го порядка. Лемма об эквивалентности уравнения n -го порядка системе из n уравнений первого порядка. Общее и частное решения дифференциального уравнения n -го порядка.

Тема 8: Уравнения, допускающие понижение порядка.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от неизвестной функции и от её первых k производных. Задача о терминальной скорости.

Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от независимой переменной. Задача о гармоническом осцилляторе. Дифференциальные уравнения, однородные по неизвестной функции и всем её производным.

Тема 9: Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

Вопросы для обсуждения: Понятие линейного дифференциального уравнения второго порядка. Свойства решений однородного линейного дифференциального уравнения. Определитель Вронского и лемма о линейно независимых частных решениях. Теорема об общем решении однородного дифференциального уравнения второго порядка. Решение однородного линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.

Тема 10: Неоднородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

Вопросы для обсуждения: Свойства общего решения неоднородных линейных дифференциальных уравнений. Метод вариации постоянных. Нахождение общего решения неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка со специальной правой частью (метод неопределённых коэффициентов).

Тема 11: Введение в теорию дифференциальных уравнений с граничными условиями.

Вопросы для обсуждения: Понятие граничного условия.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в теорию обыкновенных дифференциальных уравнений. Уравнения с разделяющимися переменными.

Вопросы для обсуждения: Уравнения с разделяющимися переменными. Уравнения, описывающие динамику распада радиоактивных изотопов и рост колонии бактерий (случай неограниченных ресурсов). Логистическое уравнение.

Тема 2: Однородные дифференциальные уравнения первого порядка.

Вопросы для обсуждения: Решение однородных дифференциальных уравнений в дифференциалах и однородных дифференциальных уравнений нормального вида.

Тема 3: Линейные дифференциальные уравнения первого порядка и сводящиеся к ним.

Вопросы для обсуждения: Решение линейных дифференциальных уравнений первого порядка методами Бернулли и Лагранжа. Уравнение переменного тока в цепи с катушкой индуктивности (без конденсатора). Решение уравнение Бернулли.

Тема 4: Уравнения в полных дифференциалах.

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений в полных дифференциалах.

Тема 5: Уравнения с интегрирующим множителем.

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений с интегрирующим множителем.

Тема 6: Уравнения, неразрешённые

относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений Клеро и Лагранжа.

Тема 7: Основные определения теории дифференциальные уравнения высших порядков.

Вопросы для обсуждения: Решение простейших дифференциальных уравнений высшего порядка.

Тема 8: Уравнения, допускающие понижение порядка.

Вопросы для обсуждения: Решение дифференциальных уравнений, не зависящих явно от неизвестной функции и от её первых k производных; не зависящих явно от независимой переменной; однородных по неизвестной функции и по всем её производным.

Тема 9: Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

Вопросы для обсуждения: Решение линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка (случай коэффициентов, зависящих от независимой переменной).

Решение линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.

Тема 10: Неоднородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

Вопросы для обсуждения: Решение линейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка методом вариации постоянных. Задача о периодических колебаниях в электрической цепи.

Тема 11: Введение в теорию дифференциальных уравнений с граничными условиями.

Вопросы для обсуждения: Задача о колебаниях закрепленной струны – нахождение основной частоты и всех допустимых гармоник.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Особые точки автономных дифференциальных уравнений первого порядка. Фазовый портрет решения автономного уравнений. Понятие бифуркации. Фазовые портреты седло-узловой бифуркации и бифуркации типа «Вилка». Уравнения Фридмана для плоской вселенной, заполненной барионным веществом («холодная вселенная»), электромагнитным полем («горячая вселенная») и положительной вакуумной энергией («вселенная Де Ситтера»). Уравнения Фридмана для открытой и замкнутой вселенной, заполненных барионным веществом (либо электромагнитным полем). Демографическая модель Кортаева. Модель «информационной войны» по Михайлову. Уравнение Шрёдингера для частицы, находящейся в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Приближенное решение линейного дифференциального уравнения методом разложения по полиномиальным рядам.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Уравнения с разделяющимися переменными. Однородные уравнения первого порядка. Линейные уравнения первого порядка. Уравнения Бернулли и Риккати. Уравнения в полных дифференциалах. Уравнения с интегрирующим множителем. Уравнения, неразрешённые относительно производной. Уравнения Клеро и Лагранжа. Понижение порядка для уравнений высших порядков. Однородные линейные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. Неоднородные линейные уравнения второго порядка. Простейшие краевые задачи.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Решение уравнений первого порядка. Решение уравнений в полных дифференциалах и с интегрирующим множителем. Анализ уравнений, не разрешённых относительно производной. Понижение порядка дифференциальных уравнений. Решение линейных однородных уравнений второго порядка. Решение линейных неоднородных уравнений второго порядка.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в теорию обыкновенных дифференциальных уравнений. Уравнения с разделяющимися переменными	ОПК-1	
Однородные дифференциальные уравнения первого порядка	ОПК-1	Контрольная работа
Линейные дифференциальные уравнения первого порядка и сводящиеся к ним	ОПК-1	Контрольная работа
Уравнения в полных дифференциалах	ОПК-1	Контрольная работа
Уравнения с интегрирующим множителем	ОПК-1	
Уравнения, неразрешённые относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.	ОПК-1	

Основные определения теории дифференциальных уравнения высших порядков	ОПК-1	
Уравнения, допускающие понижение порядка	ОПК-1	Контрольная работа
Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка	ОПК-1	
Неоднородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка	ОПК-1	Контрольная работа
Введение в теорию дифференциальных уравнений с граничными условиями	ОПК-1	

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
Задачи для контрольных работ

Примеры.

К теме 2. Однородные дифференциальные уравнения первого порядка

1. Найти общее решение

$$(x^2 + 2xy) dx + xy dy = 0$$

2. Найти общее решение

$$x y' \sin\left(\frac{y}{x}\right) = y \sin\left(\frac{y}{x}\right) - x$$

3. Решить задачу Коши

$$x^2 y' - xy - y^2 = 4x^2$$

$$y(1) = 2$$

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине (экзамена).

1. Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.
2. Уравнения с разделяющимися переменными и приводящиеся к ним.

3. Однородные дифференциальные уравнения.
4. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Метод Бернулли.
5. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Метод вариации произвольной постоянной.
6. Физические задачи, приводящие к линейным неоднородным дифференциальным уравнениям 1-го порядка и их решения.
7. Уравнение Бернулли. Уравнение Риккати.
8. Дифференциальные уравнения в полных дифференциалах.
9. Уравнение Клеро.
10. Уравнение Лагранжа.
11. Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений высших порядков. Понятие частного и общего решений дифференциальных уравнений.
12. Сведение уравнений высших порядков к системе дифференциальных уравнений первого порядка. Постановка задачи Коши для таких уравнений.
13. Методы понижения порядка дифференциальных уравнений.
14. Структура решений линейных дифференциальных уравнений n-го порядка. Свойства решений.
15. Условия линейной независимости решений линейных однородных дифференциальных уравнений. Определитель Вронского и его свойства.
16. Метод вариации постоянных для линейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка.
17. Общее решение линейного однородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение и его корни.
18. Общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами и специальной правой частью. Случаи действительных и мнимых корней характеристического уравнения.
19. Общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами и специальной правой частью. Случай комплексных корней характеристического уравнения.
20. Физические задачи, приводящие к линейным неоднородным дифференциальным уравнениям второго порядка с постоянными коэффициентами.
21. Дифференциальные уравнения с граничными условиями. Колебания закрепленной струны.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение	отлично	зачтено	86-100

		самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Жукова, Г. С. Дифференциальные уравнения: учебник / Г. С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 504 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-

- 015970-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1072180>
2. Жукова, Г. С. Дифференциальные уравнения в примерах и задачах: учебное пособие / Г. С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 348 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1072182. — ISBN 978-5-16-015971-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1864884>

Дополнительная литература

1. Осадчий, Ю. М. Дифференциальные уравнения: учебное пособие / Ю. М. Осадчий. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 157 с. — ISBN 978-5-16-107965-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1039633>
2. Ряднов, А. В. Дифференциальные уравнения: учебное пособие / А. В. Ряднов, Т. В. Меренкова, В. В. Трубаев. — Москва: РУТ (МИИТ), 2018. — 146 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896850>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным

обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.7. Программа дисциплины «Теория функций комплексного переменного»

1. Наименование дисциплины: «Теория функций комплексного переменного».

Цель изучения дисциплины: изучение понятие комплексного числа, функции комплексного переменного, дифференцирования и интегрирования функции комплексного переменного и формирование необходимых навыков при использовании функции комплексного переменного.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия, определения и свойства объектов, формулировки и доказательства утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их связи и приложения в области физики и дисциплинах естественнонаучного содержания. Уметь: решать задачи теории функции комплексного переменного. Работать с комплексными числами. Вычислять значения функции комплексного переменного. Представлять разложения функции в ряд Лорана и выяснять вопрос области применимости разложения. Вычислять интегралы с использованием интегральной теоремы Коши и основной теоремы о вычетах. Владеть: математическим аппаратом, методами доказательств утверждений, навыками применения этого в других областях физических знаний. Основными приёмами работы с комплексными числами и функциями.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория функций комплексного переменного» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Комплексные числа и действия над ними.	Алгебраическая форма комплексного числа. Геометрическая интерпретация комплексных чисел. Тригонометрическая и показательная формы записи. Умножение и деление комплексных чисел, записанных в тригонометрической и показательной форме. Возведение в степень и извлечение корня. Бесконечно удаленная точка; Сфера Римана, стереографическая проекция; расширенная комплексная плоскость. Множества точек на комплексной плоскости.
2.	Функции комплексного переменного. Дифференцирование функции комплексного переменного.	Последовательности комплексных чисел. Предел последовательности. Определение функции комплексного переменного. Предел функции комплексного переменного. Непрерывность функции комплексного переменного. Производная функции комплексного переменного. Необходимое и достаточное условие

		дифференцируемости функции комплексного переменного (Условие Коши-Римана). Правила дифференцирования функции. Аналитические функции и их свойства. Гармонические функции; Связь гармонической и аналитической функции. Восстановление аналитической функции по ее вещественной или мнимой части. Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Понятие конформного отображения. Линейная функция; дробно – линейная функция; степенная функция; показательная и логарифмическая функции; тригонометрические, гиперболические и обратные тригонометрические функции. Однозначные ветви многозначной функции. Поверхность Римана. Примеры отображений.
3.	Интегрирование функции комплексного переменного.	Интеграл от функции комплексного переменного, его свойства. Сведение к вычислению обыкновенного интеграла. Интегральная теорема Коши для простого контура. Интегральная теорема Коши для составного контура. Неопределенный интеграл. Интегральная формула Коши. Интеграл типа Коши. Теорема Морера.
4.	Ряды Тейлора и Лорана. Теория вычетов	Разложение аналитической функции в степенной ряд. Теорема Тейлора. Понятие аналитического продолжения. Теорема единственности. Ряд Лорана. Теорема Лорана. Нули функций. Изолированные особые точки. Устранимая особая точка. Полнос. Существенно особая точка. Бесконечно удаленная точка как особая. Вычеты функций. Основная теорема о вычетах. Вычисление вычета относительно полюса. Вычисление вычета в бесконечно удаленной точке. Вычисление интеграла по замкнутому контуру с помощью вычетов. Основная теорема о вычетах. Вычисление

		интегралов от тригонометрических рациональных функций с помощью теории вычетов. Вычисление несобственных интегралов от рациональных функций с помощью теории вычетов. Лемма Жордана.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Комплексные числа и действия над ними.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия. Простейшие свойства сходящихся рядов. Признаки сравнения числовых рядов. Признак Даламбера. Радикальный признак Коши. Интегральный признак Коши. Знакопеременные и знакопеременные ряды и признаки их сходимости.

Тема 2: Функции комплексного переменного. Дифференцирование функции комплексного переменного.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия. Область сходимости. Равномерная сходимость. Дифференцирование и интегрирование функциональных рядов. Степенные ряды. Свойства степенных рядов

Тема 3: Интегрирование функции комплексного переменного.

Вопросы для обсуждения: Ряды Тейлора и Маклорена. Условия разложимости функций в степенной ряд. Разложения элементарных функций в степенные ряды. Методы разложения функций в ряд Тейлора. Приложение рядов.

Тема 4: Ряды Тейлора и Лорана. Теория вычетов.

Вопросы для обсуждения: Ортогональные и ортонормированные системы функций. Разложение в ряд Фурье по ортонормированной системе функций. Тригонометрический ряд Фурье. Теоремы о сходимости рядов Фурье. Комплексная форма ряда Фурье. Интеграл Фурье. Преобразования Фурье.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Комплексные числа и действия над ними.

Вопросы для обсуждения: Алгебраическая форма комплексного числа. Геометрическая интерпретация. Тригонометрическая и показательная форма комплексного числа. Геометрическое место точек.

Тема 2: Функции комплексного переменного. Дифференцирование функции комплексного переменного.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия функции комплексного переменного. Дифференцируемость. Условия Коши-Римана. Восстановление аналитической функции по ее действительной (мнимой) части. Геометрический смысл модуля и аргумента производной. Конформное отображение. Основные функции комплексного переменного и отображения, осуществляемые ими. Защита индивидуальной работы.

Тема 3: Интегрирование функции комплексного переменного.

Вопросы для обсуждения: Интегрирование функций комплексного переменного. Интегральная формула Коши.

Тема 4: Ряды Тейлора и Лорана. Теория вычетов.

Вопросы для обсуждения: Ряд Тейлора. Ряд Лорана. Нули функции. Изолированные особые точки. Вычеты функций. Теорема Коши о вычетах. Приложение вычетов к вычислению определенных интегралов. Использование леммы Жордана для вычисления интегралов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Алгебраическая, тригонометрическая и показательная формы. Геометрическая интерпретация. Сфера Римана и бесконечно удалённая точка. Множества точек на комплексной плоскости. Предел и непрерывность функции комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Аналитические функции и их связь с гармоническими функциями. Геометрический смысл производной. Линейная, дробно-линейная, степенная, показательная и логарифмическая функции. Однозначные ветви и поверхность Римана. Интегральная теорема Коши и интегральная формула Коши. Ряды Тейлора и Лорана. Классификация изолированных особых точек. Основная теорема о вычетах и её приложения к вычислению интегралов (лемма Жордана).
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Перевод из одной формы в другую, умножение, деление, возведение в степень, извлечение корня. Построение линий и областей на комплексной плоскости. Применение условий Коши-Римана. Нахождение аналитической функции по заданной действительной или мнимой части. Построение образов областей при отображениях. Вычисление интегралов от функций комплексного переменного по кривым с использованием параметризации и интегральной формулы Коши. Разложение функций в ряды Лорана в различных кольцах. Определение типа особых точек. Вычисление вычетов и интегралов по замкнутому контуру. Вычисление несобственных интегралов.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Действия с комплексными числами. Проверка условий Коши-Римана. Восстановление аналитической функции по её части. Вычисление интегралов по замкнутому контуру. Разложение в ряд Лорана. Определение типа особой точки. Вычисление вычетов в полюсах. Вычисление интегралов от тригонометрических и рациональных функций с помощью вычетов. Формулировки основных теорем (Коши, Лорана, о вычетах). Классификация функций и особых точек. Понятие конформного отображения.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Комплексные числа и действия над ними.	ОПК-1	Опрос, решение задач, контрольная работа
Функции комплексного переменного. Дифференцирование функции комплексного переменного.	ОПК-1	Опрос, решение задач, Защита индивидуальных заданий
Интегрирование функции комплексного переменного.	ОПК-1	Опрос, решение задач, контрольная работа
Ряды Тейлора и Лорана. Теория вычетов	ОПК-1	Опрос, решение задач, контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Примеры контрольных работ:

Контрольная работа по теме 1: Комплексные числа и действия над ними.

- Вычислить в алгебраической форме

$$\frac{(5+2i)(4-3i)}{(1+3i)^2}$$

- Вычислить в тригонометрической форме
(ответ дать в алгебраической форме)

$$\frac{(2-i2\sqrt{3})^{18}}{(1-i)^{20}}$$

- Найти все значения корня из комплексного числа

$$\sqrt[3]{\frac{1+i\sqrt{3}}{-1-i}}$$

- Описать геометрически множество точек, изображающих комплексные числа z , если

$$|z-1-2i| \geq 3$$

- Найти корни уравнения $z^4 - 4z^3 + 6z^2 - 4z - 15 = 0$, расположенные в четвертой четверти.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень вопросов к экзамену:

1. Понятие комплексного числа. Действия над комплексными числами и их геометрическое истолкование.
2. Тригонометрическая и показательная формы комплексного числа. Возведение комплексного числа в степень и извлечение корня из комплексного числа.
3. Свойства модулей. Последовательности комплексных чисел.
4. Сфера Римана. Расширенная комплексная плоскость.
5. Функция комплексного переменного. Основные понятия. Предел и непрерывность функции комплексного переменного. Свойства непрерывных функций.
6. Дифференцируемость функции комплексного переменного. Аналитическая функция. Необходимые и достаточные условия дифференцируемости функции комплексного переменного.
7. Производная функции комплексного переменного. Геометрический смысл модуля и аргумента производной.
8. Гармонические функции. Восстановление аналитической функции по ее действительной (мнимой) части.
9. Конформное отображение.
10. Линейная функция. Конформное отображение, осуществляемое линейной функцией.
11. Функция $w=1/z$. Конформное отображение, осуществляемое функцией $1/z$.
12. Дробно-линейная функция. Конформное отображение, осуществляемое дробно-линейной функцией.
13. Степенная функция. Конформное отображение, осуществляемое степенной функцией.
14. Показательная функция. Конформное отображение, осуществляемое показательной функцией.
15. Логарифмическая функция. Конформные отображения, осуществляемые логарифмической функцией.

16. Тригонометрические и гиперболические функции. Связь между ними.
17. Обратные тригонометрические функции.
18. Однозначные ветви многозначной функции. Поверхность Римана. Примеры отображений.
19. Интеграл от функции комплексного переменного, его свойства. Сведение к вычислению обыкновенного интеграла.
20. Интегральная теорема Коши для простого контура.
21. Интегральная теорема Коши для составного контура.
22. Неопределенный интеграл. Интегральная формула Коши.
23. Интеграл типа Коши. Теорема Морера.
24. Числовые ряды. Функциональные ряды. Равномерная сходимость.
25. Разложение аналитической функции в степенной ряд. Теорема Тейлора.
26. Понятие аналитического продолжения. Теорема единственности.
27. Ряд Лорана. Теорема Лорана.
28. Нули функций. Изолированные особые точки. Устранимые особые точки.
29. Полюсы. Существенно особые точки.
30. Бесконечно удаленная точка как особая.
31. Вычеты функций. Основная теорема о вычетах.
32. Вычисление вычета относительно полюса.
33. Вычисление вычета в бесконечно удаленной точке.
34. Вычисление интеграла по замкнутому контуру с помощью вычетов. Основная теорема о вычетах.
35. Вычисление интегралов от тригонометрических рациональных функций с помощью теории вычетов.
36. Вычисление несобственных интегралов от рациональных функций с помощью теории вычетов.
37. Лемма Жордана.
38. Вычисление несобственных интегралов вида

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cos \mu x dx, \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \sin \mu x dx, \mu > 0.$$

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий	отлично	зачтен	86-100

		уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большой степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Половинкин, Е. С. Теория функций комплексного переменного: учебник / Е. С. Половинкин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 253 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1845987. — ISBN 978-5-16-017359-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1913992>
2. Ахтамова, С. С. Теория функций комплексного переменного: учебно-методическое пособие / С. С. Ахтамова, Е. К. Лейнартас, А. П. Ляпин. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2020. — 100 с. — ISBN 978-5-7638-4330-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1816573>

Дополнительная литература

1. Шабунин, М. И. Теория функций комплексного переменного: учебник для вузов / М. И. Шабунин, Ю. В. Сидоров. — Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2013. — 246, [1] с. — ISBN 978-5-9963-0179-9. — Текст: непосредственный.
2. Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной: учебник / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. — 6-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 336 с. — ISBN 978-5-9221-0133-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/544573>
3. Коган, Е. А. Теория функций комплексной переменной и операционное исчисление: учебное пособие / Е. А. Коган, Г. С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 180 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-015816-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1058888>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий

лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.8. Программа дисциплины «Численные методы и математическое моделирование»

1.Наименование дисциплины: «Численные методы и математическое моделирование».

Цель изучения дисциплины: формирование теоретических знаний и практических навыков по применению численных методов для решения математических задач, построению и анализу математических моделей прикладных процессов с использованием современных вычислительных средств и оценкой точности полученных результатов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: принципы работы численных методов решения уравнений и систем уравнений; работы численных методов вычисления интегралов; принципы работы численных методов вычисления производных принципы работы численных методов экстраполяции и интерполяции. Уметь: выбирать численную схему, в наибольшей степени подходящую для решения конкретной задачи. Владеть: навыками практической реализации соответствующих численных схем.
ОПК-3. Способен решать задачи и представлять	ОПК-3.1. Проводит конструкторские и инженерные расчеты,	Знать: теоретические основы и принципы математического моделирования.

результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, прикладных компьютерных программ и работать с информацией в глобальных информационных сетях	моделирование физических процессов, испытательные работы с использованием современного программного обеспечения. ОПК-3.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений	Уметь: проводить конструкторские и инженерные расчеты, моделирование физических процессов с учетом знаний численных методов. Владеть: навыками применения численных методов и математического моделирования для решения задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин (модулей) подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции, практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), и групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в понятие численных методов решения задачи.	Общее представление о численных методах. Оценка точности. Оценка вычислительной сложности и требуемого объема памяти. Особенности разных языков программирования при реализации численных методов. Числа с плавающей запятой.
2.	Численное решение	Метод деления пополам. Метод простой

	уравнений.	итерации. Метод Ньютона. Методы решения систем уравнений.
3.	Численное решение СЛАУ	Метод Гаусса решения СЛАУ. Оценка сложности. Эффективное представление уравнений в памяти. Особенности реализации в Python и C++. Разреженные системы. Метод прогонки. Жесткие системы уравнений.
4.	Интерполяция и экстраполяция. Сплаины	Понятие интерполяции и экстраполяции. Линейная интерполяция. Метод наименьших квадратов. Кубические сплайны.
5.	Численное интегрирование.	Общее понятие о численном интегрировании. Метод прямоугольников. Метод трапеций. Метод Симпсона. Оценка точности. Принцип Рунге. Применение численных методов. Интегралы с бесконечными границами и с особенностями. Интегралы от быстроосциллирующих функций. Кратные интегралы.
6.	Численное дифференцирование	Общее понятие о численном дифференцировании. Симметричная и несимметричная формулы. Неустойчивость численного дифференцирования. Точность численного дифференцирования. Выбор шага.
7.	Библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib и их применение	NumPy, Работа с массивами в NumPy. Реализация примитивов линейной алгебры и векторного анализа средствами NumPy. SciPy, Спецфункции в SciPy. Готовые реализации численных методов в SciPy. Matplotlib и построение графиков в ней.
8.	Численное решение ОДУ	Общее понятие о численном решении ОДУ. Прямой и косвенный метод Эйлера. Сходимость методов. Использование принципа Рунге для выбора шага. Мультишаговые методы. Методы Рунге-Кутты.
9.	Введение в численное решение ДУ в ЧП	Общее понятие о численном решении ДУ в ЧП. Метод конечных разностей. Прямые и косвенные методы. Эллиптические, параболические и гиперболические уравнения. Применение метода прогонки. Оценка точности и вычислительная сложность. Параллелизация методов. Прочие методы.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа:

Тема 1: Введение в понятие численных методов решения задачи.

Вопросы для обсуждения: Понятие численного метода, его место и роль в современной вычислительной математике. Классификация численных методов: приближенные, итерационные, прямые. Погрешности вычислений: абсолютная, относительная, неустранимая, погрешность метода и вычислительная погрешность. Корректность вычислительной задачи: понятия устойчивости, сходимости и обусловленности.

Тема 2: Численное решение уравнений.

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи отделения корней. Графические и

аналитические методы определения интервалов изоляции корня. Метод половинного деления: алгоритм, скорость сходимости, преимущества и недостатки. Метод простой итерации: приведение уравнения к итерационному виду, условие сходимости. Метод Ньютона (касательных): геометрическая интерпретация, квадратичная сходимость, критерий останова.

Тема 3: Численное решение СЛАУ

Вопросы для обсуждения: Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Гаусса. Итерационные методы: метод Якоби (простых итераций) и метод Зейделя. Условия сходимости (диагональное преобладание). Оценка числа обусловленности матрицы и его влияние на точность решения.

Тема 4: Интерполяция и экстраполяция. Сплайны.

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи интерполяции. Понятие сплайна. Кубический интерполяционный сплайн: естественные граничные условия, непрерывность функции и первых двух производных. Экстраполяция: её корректность и ограничения применения. Сравнение интерполяции и аппроксимации.

Тема 5: Численное интегрирование.

Вопросы для обсуждения: Квадратурные формулы прямоугольников (левых, правых, средних), трапеций и Симпсона (парабол). Геометрическая интерпретация. Понятие порядка точности квадратурной формулы. Оценка погрешности на элементарном отрезке. Составные квадратурные формулы: повышение точности за счет разбиения отрезка интегрирования. Выбор шага интегрирования по правилу Рунге.

Тема 6: Численное дифференцирование

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи численного дифференцирования. Проблема некорректности (чувствительность к погрешностям входных данных). Формулы численного дифференцирования, основанные на интерполяционных многочленах. Оценка погрешности формул численного дифференцирования в зависимости от шага сетки. Выбор оптимального шага.

Тема 7: Библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib и их применение

Вопросы для обсуждения: NumPy: многомерные массивы, векторизация вычислений, операции линейной алгебры. SciPy: структура пакета. Подмодули для численного интегрирования, решения ОДУ, оптимизации, интерполяции. Построение графиков функций, полей направлений, сравнение численного и точного решений. Сравнение реализаций численных методов «с нуля» и с использованием стандартных библиотек: производительность, надежность, удобство.

Тема 8: Численное решение ОДУ

Вопросы для обсуждения: Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. Существование и единственность решения. Явные одношаговые методы: метод Эйлера (первый порядок аппроксимации), его модификации. Геометрический смысл.

Тема 9: Введение в численное решение ДУ в ЧП.

Вопросы для обсуждения: Основные типы уравнений в частных производных: эллиптические (уравнение Лапласа/Пуассона), параболические (уравнение теплопроводности), гиперболические (волновое уравнение).

Рекомендуемая тематика учебных занятий практических занятий:

Тема 1: Введение в понятие численных методов решения задачи.

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Численное решение уравнений.

Вопросы для обсуждения: Написание программы для решения уравнения методом деления пополам. Написание программы для решения уравнения методом простой итерации. Написание программы для решения уравнения методом Ньютона

Тема 3: Численное решение СЛАУ

Вопросы для обсуждения: Написание программы для решения СЛАУ методом Гаусса.

Тема 4: Интерполяция и экстраполяция. Сплайны.

Вопросы для обсуждения: Написание программы для расчета линейной интерполяции значения по таблице. Написание программы для расчета коэффициентов методов наименьших квадратов по таблице.

Тема 5: Численное интегрирование.

Вопросы для обсуждения: Написание программы для расчета интеграла методом прямоугольников. Написание программы для расчета интеграла методом Симпсона. Написание программы для расчета трёхмерного интеграла с особенностью

Тема 6: Численное дифференцирование

Вопросы для обсуждения: Написание программы для расчета точности численного дифференцирования как функции шага.

Тема 7: Библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib и их применение

Вопросы для обсуждения: Написание программы для расчета интеграла и численного решения уравнения с использованием функций библиотеки SciPy. Написание программы, демонстрирующей построение графиков при помощи Matplotlib.

Тема 8: Численное решение ОДУ

Вопросы для обсуждения: Написание программы для решения ОДУ прямым методом Эйлера. Написание программы для решения ОДУ методом Рунге-Кутты.

Тема 9: Введение в численное решение ДУ в ЧП.

Вопросы для обсуждения: Написание программы для решения ДУ с ЧП

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам:
3. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:

Повторение методов Гаусса, Крамера и матричного метода. Отработка навыков исследования систем на совместность и нахождения общего и частного решений. Повторение операций над векторами и их геометрического смысла. Отработка навыков вычисления скалярного, векторного и смешанного произведений, решения прикладных задач. Повторение уравнений прямых, плоскостей, кривых и поверхностей второго порядка. Отработка навыков построения геометрических образов и решения позиционных задач. Повторение понятий базиса, размерности, линейной зависимости векторов. Отработка навыков разложения векторов по базису и определения координат. Повторение свойств линейных операторов, их матриц, собственных значений и собственных векторов. Отработка навыков приведения матриц к диагональному виду. Повторение методов приведения квадратичных форм к каноническому виду. Отработка навыков исследования форм на знакоопределенность (критерий Сильвестра).

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные

выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в понятие численных методов решения задачи.	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Численное решение уравнений.	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Численное решение СЛАУ	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Интерполяция и экстраполяция. Сплаины	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Численное интегрирование.	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Численное дифференцирование	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib и их применение	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы

Численное решение ОДУ	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы
Введение в численное решение ДУ в ЧП	ОПК-1, ОПК-3	Написание и проверка контрольной программы

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Тема 1. Введение в понятие численных методов решения задачи. Написать программу, демонстрирующую работу с числами с плавающей точкой и обработку ошибок при работе с ними.

Тема 2. Численное решение уравнений. Написать программу, численно решающую уравнение $x = \cos(x)$

Тема 3. Численное решение СЛАУ. Написать программу, решающую методом Гаусса систему из 5 линейных уравнений коэффициенты которой считываются из файла. Обработать случай линейно зависимой системы.

Тема 4. Интерполяция и экстраполяция. Сплайны. Написать программу, рассчитывающую методом наименьших квадратов коэффициенты линейной регрессии. Значения точек прочесть из файла.

Тема 5. Численное интегрирование

Написать программу, рассчитывающую интеграл $\int_1^2 \frac{\sin(x)}{x} dx$

Тема 6. Численное дифференцирование

Написать программу, численно рассчитывающую $\exp(x)'$ в точке 1

Тема 7. Библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib и их применение

Написать программу, рассчитывающую интеграл $\int_1^2 \frac{\sin(x)}{x} dx$ используя функцию из SciPy

Тема 8. Численное решение ОДУ

Написать программу численно решающую уравнение $y' + xy = x^2$, $y(0) = 1$

Тема 9. Введение в численное решение ДУ в ЧП

Написать программу численно решающую $U_t(x,t) = -cU_x(x,t)$

8.3 Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Типы данных с плавающей запятой и операции с ними. Машинный ноль. Ошибки округления
2. Численное решение уравнений. Метод деления пополам. Метод Ньютона

3. Численное решение систем линейных уравнений. Метод Гаусса
4. Численное интегрирование. Метод прямоугольников. Метод трапеций.
5. Метод Симпсона
6. Численное дифференцирование
7. Аппроксимация. Линейная аппроксимация. Сплаины
8. Численное решение ОДУ. Явный и неявный методы Эйлера. Метод Хойна
9. Методы Рунге-Кутта
10. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных
11. Дискретное преобразование Фурье Numpy, Scipy, matplotlib

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических	хорошо		71-85

	степени самостоятельности и инициативы	источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы: учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 9-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 636 с. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-00101-836-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087429>
2. Колдаев, В. Д. Численные методы и программирование: учебное пособие / В.Д. Колдаев; под ред. Л.Г. Гагариной. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. — 336 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0779-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896459>

Дополнительная литература

1. Python Programming And Numerical Methods: A Guide For Engineers And Scientists [Электронный ресурс] <https://pythonnumericalmethods.berkeley.edu/notebooks/Index.html>
2. python.org [Электронный ресурс] <https://python.org/>
3. The Hitchhiker's Guide to Python! [Электронный ресурс] <https://docs.python-guide.org/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.9. Программа дисциплины «Уравнения математической физики»

1. Наименование дисциплины: «Уравнения математической физики».

Цель изучения дисциплины: формирование знаний и навыков, необходимых для применения математических методов к решению физических задач, а также развить у них способность к самостоятельному анализу и моделированию физических явлений.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия и методы математической физики и дифференциальные уравнения в частных производных; интегральные преобразования; Уметь: применять методы математической физики к решению физических задач; Владеть: навыками решения дифференциальных уравнений в частных производных.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Уравнения математической физики» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по

формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в методы математической физики	Предмет и задачи математической физики. Роль математических моделей в естествознании. Классификация уравнений в частных производных. Постановка основных физических задач: колебания струны, распространение тепла, стационарные поля. Граничные и начальные условия. Основные этапы построения математической модели физического процесса.
2.	Дифференциальные уравнения в частных производных	Волновое уравнение (одномерное, двумерное, трехмерное): вывод, физический смысл. Уравнение теплопроводности (диффузии). Уравнение Лапласа и Пуассона. Метод характеристик для волнового уравнения. Метод разделения переменных (Фурье) для уравнения теплопроводности и волнового уравнения. Фундаментальные решения уравнений.
3.	Интегральные преобразования	Преобразование Фурье. Применение преобразования Фурье к решению уравнения теплопроводности и волнового уравнения на бесконечной прямой. Преобразование Лапласа. Решение начальных задач для обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных с помощью преобразования Лапласа. Преобразование Меллина. Косинус- и синус-преобразования Фурье для решения краевых задач на полупрямой.
4.	Специальные функции	Гамма-функция и бета-функция. Цилиндрические функции (функции Бесселя). Свойства функций Бесселя. Функции Неймана и Ханкеля. Полиномы Лежандра. Применение специальных функций в задачах с цилиндрической и сферической симметрией.
5.	Методы решения краевых задач	Общая постановка краевой задачи для эллиптических уравнений. Метод разделения переменных в декартовых, цилиндрических и сферических координатах. Метод функций Грина. Интегральное представление решения через функцию Грина. Метод Фурье по собственным функциям. Метод конечных элементов.
6.	Асимптотические методы	Понятие асимптотического разложения. Метод ВКБ (Вентцеля–Крамерса–Бриллюэна. Применение метода ВКБ в квантовой механике и волновой оптике. Метод малого параметра. Метод усреднения для нелинейных колебательных систем. Асимптотическое поведение специальных функций

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в методы математической физики.

Вопросы для обсуждения: Предмет математической физики и типичные физические задачи. Классификация уравнений в частных производных: гиперболические, параболические, эллиптические. Понятие корректной задачи по Адамару. Типы граничных и начальных условий (Дирихле, Неймана, смешанные).

Тема 2: Дифференциальные уравнения в частных производных.

Вопросы для обсуждения: Вывод и физический смысл волнового уравнения. Вывод и свойства уравнения теплопроводности. Уравнение Лапласа и Пуассона: гармонические функции, принцип максимума. Метод характеристик и формула Даламбера. Фундаментальные решения и функция Грина, принцип суперпозиции.

Тема 3: Интегральные преобразования

Вопросы для обсуждения: Прямое и обратное преобразование Фурье: определение, основные свойства. Применение преобразования Фурье к уравнению теплопроводности и волновому уравнению. Косинус- и синус-преобразования Фурье.

Тема 4: Специальные функции.

Вопросы для обсуждения: Гамма- и бета-функции. Уравнение Бесселя и цилиндрические функции: поведение при малых и больших аргументах. Рекуррентные свойства, ортогональность, производящая функция функций Бесселя.

Тема 5: Методы решения краевых задач.

Вопросы для обсуждения: Общая постановка краевой задачи для эллиптических уравнений. Метод разделения переменных в различных координатах. Построение функции Грина (метод отражений, разложение по собственным функциям).

Тема 6: Асимптотические методы

Вопросы для обсуждения: Понятие асимптотического разложения, символы «O» и «o», асимптотические ряды. Применение метода ВКБ в квантовой механике и волновой оптике. Регулярные и сингулярные возмущения: метод малого параметра. Асимптотическое поведение специальных функций (формулы Дебая).

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в методы математической физики.

Вопросы для обсуждения: Определение типа уравнения в частных производных. Приведение уравнения к каноническому виду. Формулировка начальных и граничных условий для физических задач (струна, стержень, мембрана). Проверка корректности постановки простейших задач.

Тема 2: Дифференциальные уравнения в частных производных.

Вопросы для обсуждения: Решение одномерного волнового уравнения методом характеристик. Решение уравнения теплопроводности на отрезке методом разделения переменных. Построение простейших фундаментальных решений.

Тема 3: Интегральные преобразования

Вопросы для обсуждения: Вычисление прямых и обратных преобразований Фурье от простейших функций. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности на бесконечной прямой с помощью преобразования Фурье. Решение линейных

дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа. Применение косинус- и синус-преобразований Фурье к задаче на полупрямой.

Тема 4: Специальные функции.

Вопросы для обсуждения: Вычисление гамма-функции и бета-функции для целых и полуцелых аргументов. Разложение решения в ряд по функциям Бесселя. Использование рекуррентных соотношений для функций Бесселя. Разложение по полиномам Лежандра в задачах со сферической симметрией.

Тема 5: Методы решения краевых задач.

Вопросы для обсуждения: Решение краевой задачи для уравнения Лапласа в круге методом разделения переменных. Построение функции Грина для одномерной краевой задачи на отрезке. Разложение функции в ряд Фурье по собственным функциям. Решение простейшей краевой задачи методом конечных элементов.

Тема 6: Асимптотические методы

Вопросы для обсуждения: Построение асимптотических разложений для интегралов. Нахождение приближенного решения нелинейного уравнения методом малого параметра. Асимптотическая оценка функции Бесселя с использованием формул Дебая.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Предмет ММФ, классификация УРЧП, корректность задач, типы граничных условий. Вывод и свойства волнового уравнения, теплопроводности, уравнения Лапласа; метод характеристик; принцип суперпозиции. Определения и свойства преобразований Фурье, Лапласа, Меллина; их роль в решении дифференциальных уравнений. Гамма- и бета-функции; функции Бесселя, Неймана, Ханкеля; полиномы Лежандра: определения и основные соотношения. Постановка краевых задач; методы разделения переменных. Понятие асимптотических разложений; метод ВКБ; теория возмущений; асимптотика спецфункций.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:

Определение типа УРЧП, приведение к каноническому виду, запись начальных и граничных условий для физических задач. Решение волнового уравнения формулой Даламбера; решение уравнений теплопроводности и Пуассона методом разделения переменных. Вычисление прямых и обратных преобразований Фурье и Лапласа; решение задач Коши для теплопроводности и волнового уравнения. Вычисление гамма-функции; разложение решений в ряды по Бесселю и Лежандру; применение рекуррентных формул. Решение уравнения Лапласа в круге; построение функции Грина на отрезке; разложение по собственным функциям. Построение асимптотических разложений интегралов; применение метода ВКБ и метода малого параметра; асимптотика Бесселя.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация уравнений, понятие корректности, типы граничных условий. Формула Даламбера, метод разделения переменных для волнового уравнения и теплопроводности, свойства решений. Свойства интегральных преобразований, решение типовых дифференциальных уравнений с их помощью. Свойства специальных функций (ортогональность, рекуррентные соотношения), разложение по ним. Алгоритмы методов разделения переменных, функций Грина, разложения по собственным функциям. Правила построения асимптотических рядов, условия применимости метода ВКБ и метода малого параметра.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в методы математической физики	ОПК-1	Контрольная работа
Дифференциальные уравнения в частных производных	ОПК-1	Контрольная работа
Интегральные преобразования	ОПК-1	Контрольная работа
Специальные функции	ОПК-1	Контрольная работа
Методы решения краевых задач	ОПК-1	Контрольная работа
Асимптотические методы	ОПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Контрольная работа №1: Введение в методы математической физики

Вопросы:

1. Что такое математическая физика и какие задачи она решает?
2. Какие основные понятия и принципы используются в методах математической физики?
3. Приведите примеры задач, которые решаются методами математической физики.
4. Как методы математической физики применяются в различных областях физики?
5. Какие ограничения и допущения существуют при использовании методов математической физики для решения физических задач?

Контрольная работа №2: Дифференциальные уравнения в частных производных

Задачи:

1. Решить уравнение теплопроводности с однородным уравнением и однородными граничными условиями.
2. Решить волновое уравнение с однородным уравнением и однородными начальными условиями.
3. Решить задачу на собственные значения для уравнения Лапласа в круге.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Тема 1: Введение в методы математической физики

1. Что такое математическая физика и какие задачи она решает?
2. Какие основные понятия и принципы используются в методах математической физики?
3. Приведите примеры задач, которые решаются методами математической физики.
4. Как методы математической физики применяются в различных областях физики?
5. Какие ограничения и допущения существуют при использовании методов математической физики для решения физических задач?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии

оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворяет	Репродуктивная	Изложение в пределах задач курса	удовлетворительно		55-70

ельны й (достат очный)	деятельность	теоретически практически контролируемого материала	и о		
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Горюнов, А. Ф. Методы математической физики в примерах и задачах: в 2 т.: учебное пособие / А. Ф. Горюнов. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2015. — Т. 1. — 872 с. — ISBN 978-5-9221-1641-1. — Текст: электронный // Znanium: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/768673>

Дополнительная литература

1. Барашков, В. А. Методы математической физики: учебное пособие / В. А. Барашков. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. — 152 с. — ISBN 978-5-7638-2497-1. — Текст: электронный // Znanium: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/492290>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.10. Программа дисциплины «Искусственный интеллект и машинное обучение»

1. Наименование дисциплины: «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков по основам машинного обучения, овладение студентами инструментарием, моделями и методами машинного обучения, а также приобретение навыков исследователя.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-3. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, прикладных компьютерных программ и работать с информацией в глобальных информационных сетях	ОПК-3.1. Проводит конструкторские и инженерные расчеты, моделирование физических процессов, испытательные работы с использованием современного программного обеспечения. ОПК-3.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений	Знать: ключевые понятия, цели и задачи использования машинного обучения; методологические основы применения алгоритмов машинного обучения; принципы построения векторов признаков, решающих правил и классификации; основные виды классификаторов; принципы построения линейных классификаторов; принципы построения нелинейных классификаторов; особенности выбора признаков классификации и предварительной обработки данных; способы и результаты применения ИИ в профессиональной сфере деятельности; Уметь: визуализировать результаты работы алгоритмов машинного обучения, выбирать метод машинного обучения, соответствующий исследовательской задаче, интерпретировать полученные результаты; выбирать подходящий вид классификатора в зависимости от решаемой задачи; выбирать набор признаков для классификации и проводить предварительную обработку данных; применять алгоритмы построения и обучения

		классификатора по выборке; ориентироваться в современных сферах применения ИИ и оперативно отслеживать появления новых сфер. Владеть: навыками чтения и анализа академической литературы по применению методов машинного обучения, построения и оценки качества моделей; навыками выбора, построения, обучения и использования основных классификаторов при решении задач; применения ИИ для решения задач, возникающих в профессиональной сфере деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Искусственный интеллект и машинное обучение» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации	Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных. Основные принципы, задачи и подходы, использование в различных областях науки и индустрии. Основные этапы эволюции алгоритмов машинного обучения. Общий вид метрического классификатора. Алгоритм К ближайших соседей.

		Алгоритмы отбора эталонов. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров. Алгоритмы кластеризации по плотности. Иерархическая кластеризация.
2.	Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети	Правила и анализ качества (точность, полнота). Анализ с помощью ROC кривой. Алгоритм построения деревьев решений. Критерий информационного выигрыша и критерий Джини. Леса решающих деревьев. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость. Переход в пространство повышенной размерности. Метод опорных векторов. Логистическая регрессия. Градиентный спуск. Нейронные сети и алгоритм обратного распространения градиента. Глубокое обучение, свертки и пулинг.
3.	Понятие об искусственном интеллекте	Содержание понятия «Искусственный интеллект». Эволюция понятия ИИ. Основные свойства ИИ. Его этапы развития. Проблемы классификации ИИ. Примеры различных классификаций систем ИИ. Нейробионическое направление. Информационное направление. Искусственный интеллект в России.
4.	Хронологические этапы и исследовательские подходы в изучении ИИ	Хронологические этапы и исследовательские подходы в изучении ИИ. Исследовательские подходы к изучению ИИ. Стандартизация в области ИИ.
5.	Влияние ИИ на развитие человеческой цивилизации	Хокинг о развитии ИИ. Мнение российских ученых о ИИ. Влияние технологий ИИ на экономику и бизнес. Влияние ИИ на рынок труда

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных. Основные принципы, задачи и подходы, использование в различных областях науки и промышленности. Основные этапы эволюции алгоритмов машинного обучения. Общий вид метрического классификатора. Алгоритм K ближайших соседей. Алгоритмы отбора эталонов. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров. Алгоритмы кластеризации по плотности. Иерархическая кластеризация.

Тема 2: Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети.

Вопросы для обсуждения: Правила и анализ качества (точность, полнота). Анализ с помощью ROC кривой. Алгоритм построения деревьев решений. Критерий информационного выигрыша и критерий Джини. Леса решающих деревьев. Перцептрон и разделяющая гиперплоскость. Переход в пространство повышенной размерности. Метод опорных векторов. Логистическая регрессия. Градиентный спуск. Нейронные сети и алгоритм обратного распространения градиента. Глубокое обучение, свертки и пулинг.

Тема 3: Понятие об искусственном интеллекте.

Вопросы для обсуждения: Содержание понятия «Искусственный интеллект». Эволюция понятия ИИ. Основные свойства ИИ. Его этапы развития. Проблемы классификации ИИ. Примеры различных классификаций систем ИИ. Нейробионическое направление. Информационное направление. Искусственный интеллект в России.

Тема 4: Хронологические этапы и исследовательские подходы в изучении ИИ.

Вопросы для обсуждения: Хронологические этапы и исследовательские подходы в изучении ИИ. Исследовательские подходы к изучению ИИ. Стандартизация в области ИИ.

Тема 5: Влияние ИИ на развитие человеческой цивилизации.

Вопросы для обсуждения: Хокинг о развитии ИИ. Мнение российских ученых о ИИ. Влияние технологий ИИ на экономику и бизнес. Влияние ИИ на рынок труда

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации.

Вопросы для обсуждения: Признаки, вектора признаков. Объекты, классы. Классификация. Классификатор. Обучение, виды обучения "с учителем" и "без учителя". Разбор примеров прикладных задач. Разбор примеров и решение задач по темам: линейная модель классификации, метод стохастического градиента, алгоритм Персептрона.

Тема 2: Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети.

Вопросы для обсуждения: Основы метода опорных векторов. Случай линейно разделимой выборки. Случай линейно неразделимой выборки. Ядра и спрямляющие пространства. Разбор примеров и решение задач. Метод наименьших квадратов. Непараметрическая регрессия: ядерное сглаживание. Линейная регрессия. Метод главных компонент. Разбор примеров и решение задач по этим темам.

Тема 3: Понятие об искусственном интеллекте.

Вопросы для обсуждения: Основы метода опорных векторов. Случай линейно разделимой выборки. Случай линейно неразделимой выборки. Ядра и спрямляющие пространства. Разбор примеров и решение задач. Проблема полноты. Задача исключаящего "или". Вычислительные возможности двух- и трехслойных сетей. Метод обратного распространения ошибки. Изучение на лабораторном занятии алгоритма построения нейронных сетей.

Тема 4: Хронологические этапы и исследовательские подходы в изучении ИИ.

Вопросы для обсуждения: Влияние выбора набора признаков на результаты классификации. Предварительная обработка данных. Недостающие значения. Выбор признаков на основе проверки гипотез. Выбор подмножества признаков. Марковские цепи. Алгоритм Витерби. Скрытые марковские модели. Применение в задачах распознавания голоса. Решение задач по теории марковских моделей в машинном обучении.

Тема 5: Влияние ИИ на развитие человеческой цивилизации.

Вопросы для обсуждения: Анализ кейсов внедрения ИИ в отраслях. Оценка влияния на рынок труда по статистическим данным.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Типы задач машинного обучения, принципы работы метрических классификаторов и алгоритмов кластеризации. Алгоритмы построения деревьев решений, критерии информационного выигрыша и Джини, логистическая регрессия, метод опорных векторов, архитектура нейронных сетей и алгоритм обратного распространения ошибки. Определение и свойства ИИ, нейробионическое и информационное направления, классификация систем ИИ. Хронологические этапы развития ИИ («зимы» и подъемы), исследовательские подходы (символьный, нейросетевой,

эволюционный), стандартизация в области ИИ. Прогнозы развития ИИ, влияние технологий ИИ на экономику, бизнес и рынок труда.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Реализация алгоритма k-NN; вычисление расстояний между объектами; применение k-means с визуализацией и выбором числа кластеров. Построение дерева решений с расчетом энтропии; реализация градиентного спуска для логистической регрессии; обучение однослойной нейронной сети; построение матрицы ошибок и ROC-кривой. Анализ и сравнение различных определений ИИ; классификация предложенных систем по признакам ИИ. Построение хронологической карты истории ИИ; сравнительный анализ символического и нейросетевого подходов на примере конкретной задачи. Анализ кейсов внедрения ИИ в отраслях (финансы, медицина, транспорт); оценка влияния автоматизации на рынок труда.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Принципы работы k-NN и алгоритмов кластеризации; метрики расстояния; критерии выбора числа кластеров. Метрики качества (точность, полнота, F-мера, ROC-кривая); алгоритмы построения деревьев и лесов; градиентный спуск; архитектура нейронных сетей. Определение и основные свойства ИИ; нейробионический и информационный подходы. Хронология развития ИИ; ключевые исследовательские подходы; стандарты в области ИИ. Социально-экономические последствия внедрения ИИ; трансформация рынка труда.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации	ОПК-3	Тестирование
Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети	ОПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

1. Какие метрики можно использовать, чтобы оценить, насколько качественно модель решает задачу поиска уходящих клиентов?
 - ☐ Долю правильных ответов, полноту, точность
 - ☐ RMSE, MAE, MAPE
 - ☐ Долю правильных ответов, MAPE, MSE
2. Какой алгоритм не подходит для решения задачи, объекты в которой нужно разделить на классы?
 - ☐ Случайный лес
 - ☐ Дерево принятия решений
 - ☐ Линейная регрессия
 - ☐ Логистическая регрессия
3. Компания запускает пилотный проект, чтобы проверить, помогают ли прогнозы модели лучше находить клиентов, которых можно удержать. Какой способ проверки подойдет?
 - ☐ Предлагать скидку 15% на услуги, как в компании всегда делали в этих случаях
 - ☐ Предлагать улучшенный пакет услуг — так делает конкурент, да и вообще, давно хотели такое попробовать
4. Компания отобрала клиентов, которых модель посчитала уходящими, в тестовую группу, а тех, кого уходящими посчитали маркетологи, — в контрольную. Тестовая группа получила предложение о скидке 15% в четверг вечером, а контрольная — в субботу. Будете ли вы доверять результатам такого эксперимента?
 - ☐ Да, ведь скидка одинакова
 - ☐ Нет, ведь они получили предложения в разное время
5. Как можно бороться с переобучением модели?
 - ☐ С помощью кросс-валидации;
 - ☐ С помощью отложенных выборок;
 - ☐ С помощью A/B-тестирований;

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Препроцессинг. Масштабирование. Нормировка. Полиномиальные признаки. One-hot encoding.
2. Кластеризация. kMeans, MeanShift, DBSCAN, Affinity Propagation.
3. Смещение и дисперсия (bias and variance). Понятие средней гипотезы.
4. Ансамблевые методы. Soft and Hard Voting. Bagging. Случайные леса. AdaBoost.
5. Типы обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением, с частичным участием учителя, активное обучение.
6. Бустинг деревьев решений.
7. Ошибка внутри и вне выборки. Ошибка обобщения. Неравенство Хёффдинга. Валидация и кросс-валидация.
8. Линейная регрессия. Полиномиальная регрессия. Гребневая регрессия.
9. Размерность Вапника-Червоненкиса. Размерность Вапника-Червоненкиса для перцептрона.
10. Логистическая регрессия. Градиентный спуск.
11. Пороговые условия. Эффективность по Парето. Precision-Recall и ROC кривые. AUC.
12. Ансамблевые методы регрессии. RANSAC. Theil-Sen. Huber.
13. Перцептрон. Перцептрон с карманом.
14. Метод опорных векторов. Постановка задачи. Формулировка и решение двойственной задачи. Типы опорных векторов. Ядра.
15. Гипотезы и дихотомии. Функция роста. Точка поломки. Доказательство полиномиальности функции роста в присутствии точки поломки.
16. Деревья решений. Информационный выигрыш, критерий Джини. Регуляризация деревьев. Небрежные решающие деревья.
17. Байесовский классификатор. Типы оценки распределений признаков (Gaussian, Bernoulli, Multinomial). EM алгоритм.
18. Нейронные сети. Перцептрон Розенблатта. Функции активации. Обратное распространение градиента. Softmax.
19. Стохастическая оптимизация. Hill Climb. Отжиг. Генетический алгоритм.
20. Метрические классификаторы. kNN. WkNN. Отбор эталонов. DROP5. Kdtree.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать	отлично	зачтено	86-100

		проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Лимановская, О. В. Основы машинного обучения: учебное пособие / О. В. Лимановская, Т. И. Алферьева. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2022. — 88 с. — ISBN 978-5-9765-5006-3 (ФЛИНТА); ISBN 978-5-7996-3015-7 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст: электронный // Znanium: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1891377>
2. Коэльо, Луис Педро. Построение систем машинного обучения на языке Python / Луис

Педро Коэльо, Вилли Ричарт; перевод с английского А. А. Слинкина. — 2-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2016. — 302 с. — ISBN 978-5-97060-330-7. — Текст: электронный // Znanium: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1027824>

Дополнительная литература

1. Рашка, С. Python и машинное обучение: крайне необходимое пособие по новейшей предсказательной аналитике, обязательное для более глубокого понимания методологии машинного обучения / С. Рашка; перевод с английского А. В. Логунова. — Москва: ДМК Пресс, 2017. — 418 с. — ISBN 978-5-97060-409-0. — Текст: электронный // Znanium: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1027758>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и

обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Общая и теоретическая физика»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Механика»
 - 4.2. Программа дисциплины «Термодинамика и молекулярная физика»
 - 4.3. Программа дисциплины «Электричество и магнетизм»
 - 4.4. Программа дисциплины «Оптика»
 - 4.5. Программа дисциплины «Атомная и ядерная физика»
 - 4.6. Программа дисциплины «Квантовая теория»
 - 4.7. Программа дисциплины «Электродинамика»
 - 4.8. Программа дисциплины «Термодинамика и статистическая физика»
 - 4.9. Программа дисциплины «Теоретическая механика и механика сплошных сред»
 - 4.10. Программа дисциплины «Физика конденсированного состояния»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Общая и теоретическая физика»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Способствовать пониманию основных понятий и законов физики, таких как законы Ньютона, закон сохранения энергии, закон всемирного тяготения, а также принципов работы физических приборов и методов измерения физических величин.
2. Сформировать умение применять полученные знания для решения задач по физике, включая задачи на движение тел под действием различных сил, задачи на равновесие тел, задачи на работу и энергию и т. п.
3. Развивать навыки проведения физического эксперимента с использованием современного оборудования и методов исследования.
4. Формировать научное мировоззрение, основанное на понимании взаимосвязи между различными физическими явлениями.
5. Формировать умение применять для анализа физических явлений методы теоретического анализа физических явлений, такими как метод размерностей, метод аналогий, метод векторных диаграмм и др.
6. Сформировать представление о современных проблемах физики и перспективах её развития.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия, законы и принципы физики; методы измерения физических величин; фундаментальные физические теории и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, атомной и ядерной физики; Уметь: решать задачи по физике, включая задачи на движение тел под действием различных сил, задачи на равновесие тел, задачи на работу и энергию и т. п.; проводить физический эксперимент с использованием современного оборудования и методов исследования; Владеть: методами теоретического анализа физических явлений и

		навыками работы с физическими приборами и оборудованием;

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Механика».

Цель изучения дисциплины: формирование у обучающихся системы знаний об основных законах и методах механики как фундаментальной физической теории, методах наблюдения, измерения и проведения физического эксперимента основанной на обобщении наблюдений, практического опыта и эксперимента, а также развитие умений применять эти знания для решения практических задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные принципы и законы механики и их математическое выражение. Уметь: правильно соотносить содержание конкретных задач с законами физики, эффективно применять общие законы физики для решения конкретных задач в области физики и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний: пользоваться физическими приборами, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты. Владеть: навыками работы с основными физическими приборами и использования основных законов механики для анализа различных механических и физических систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Механика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю,

выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Пространство и время	Предмет физики. Сочетание экспериментальных и теоретических методов в познании окружающей природы. Роль модельных представлений в физике. Физические величины, их измерение и оценка точности и достоверности полученных результатов. Системы единицы физических величин.
2.	Кинематика материальной точки	Способы описания движений. Закон движения. Линейные и угловые скорости. Преобразования координат и скоростей в классической механике. Принцип относительности. Абсолютное время в классической механике. Угловая скорость. Угловое ускорение. Связь между линейной и угловой скоростями.
3.	Динамика материальной точки	Понятия массы, импульса и силы в механике Ньютона. Законы Ньютона. Уравнения движения. Начальные условия. Виды сил. Закон всемирного тяготения. Работа. Консервативные силовые поля. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии. Силы трения. Потери механической энергии. Движение материальной точки в поле заданных сил. Момент сил и момент импульса материальной точки. Уравнение моментов. Центральные силы. Сохранение момента импульса. Закон Кеплера.
4.	Динамика систем материальных точек	Задача двух тел. Приведенная масса. Центр масс системы материальных точек. Второй закон Ньютона для систем материальных точек. Импульс систем материальных точек. Закон сохранения импульса. Момент импульса систем материальных точек. Кинетическая энергия систем материальных

		точек. Закон сохранения полной механической систем материальных точек. Закон сохранения момента импульса систем материальных точек. Соударение тел. Абсолютно упругий и неупругий удары.
5.	Динамика абсолютно твердого тела	Степени свободы абсолютно твердого тела. разложение движения на слагаемые. Поступательное, вращательное и плоское движение твердого тела. Мгновенная ось вращения. Момент импульса тела. Тензор инерции и его главные и центральные оси. Момент импульса относительно оси. Момент инерции. Теорема Гюйгенса. Динамика плоского
6.	Колебательное движение	Свободные колебания с одной степенью свободы. Гармонические колебания. Сложение гармонических колебаний. Фигуры Лиссажу. Биения. Затухающие колебания. Показатель затухания. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные колебания. Процесс установления колебаний. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики. Резонанс. Энергетика вынужденных колебаний. Параметрические колебания.
7.	Волны	Длина волны, период колебаний, скорость и фаза волны. Бегущие волны. продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Волновое уравнение. Волны в струне. Связь скорости с параметрами среды. Отражение и преломление волн. Основные случаи граничных условий. Интерференция волн. Стоячие волны. Уравнение стоячих волн. Поток энергии в бегущей волне. Эффект Доплера.
8.	Кинематика теории относительности	Принцип относительности и постулат постоянства скорости света. Пространство и время в теории относительности. Преобразования Лоренца и инварианты этих преобразований. Следствия преобразований Лоренца. Относительность одновременности и причинность. Эффекты сокращения длины и замедления темпа времени. Сложение скоростей. Проверка кинематических эффектов теории относительности. Четырехмерный мир Минковского.
9.	Динамика теории относительности	Релятивистские импульс и энергия. Соотношение между массой и энергией. Масса покоя. Уравнение движения материальной точки. с учетом релятивистских эффектов. Законы сохранения энергии и импульса в теории относительности. Следствия принципа эквивалентности инертной и гравитационной массы. Проверка релятивистской динамики. Реакции деления и синтеза как следствие перехода массы в энергию и наоборот.
10.	Деформации и	Виды деформации и их количественная

	напряжения.	характеристика. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Энергия упругих деформаций.
11.	Элементы акустики	Характеристики звуковых волн. Тембр и интенсивность. Уравнение звуковых волн. Ультразвук. Использование звуковых волн.
12.	Неинерциальные системы отсчета	Движение материальной точки в неинерциальной системе отсчета. Закон сложения ускорений в классической механике. Силы инерции. Переносная и кориолисова силы инерции. Центробежная сила инерции. Проявление сил инерции.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Пространство и время.

Вопросы для обсуждения: понятие пространства и времени в классической физике; свойства пространства (однородность, изотропность) и времени (однородность); системы отсчёта; принцип относительности Галилея; инерциальные системы отсчёта.

Тема 2: Кинематика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: способы описания движения (векторный, координатный, естественный); векторы положения, скорости, ускорения; прямолинейное и криволинейное движение; нормальное и тангенциальное ускорения; вращательное движение: угловая скорость и угловое ускорение; связь линейных и угловых кинематических характеристик.

Тема 3: Динамика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: законы Ньютона; понятие массы, силы, импульса; инерциальные системы отсчёта; принцип суперпозиции сил; дифференциальное уравнение движения материальной точки; импульс силы; закон сохранения импульса для одной точки; работа и мощность; кинетическая энергия; потенциальные силы; закон сохранения механической энергии.

Тема 4: Динамика систем материальных точек.

Вопросы для обсуждения: центр масс системы; закон движения центра масс; импульс системы материальных точек; закон сохранения импульса; внутренние и внешние силы; теорема о движении центра масс; работа внутренних сил; кинетическая энергия системы.

Тема 5: Динамика абсолютно твердого тела.

Вопросы для обсуждения: модель абсолютно твёрдого тела; поступательное и вращательное движение твёрдого тела; момент силы; момент инерции; момент импульса твёрдого тела; основное уравнение динамики вращательного движения; кинетическая энергия вращающегося тела; закон сохранения момента импульса.

Тема 6: Колебательное движение.

Вопросы для обсуждения: гармонические колебания; дифференциальное уравнение гармонических колебаний; амплитуда, частота, период, фаза; пружинный и математический маятники; энергия гармонических колебаний; затухающие колебания; вынужденные колебания; резонанс.

Тема 7: Волны.

Вопросы для обсуждения: олонвой процесс; продольные и поперечные волны; бегущая волна; уравнение плоской волны; фазовая скорость; длина волны; волновое число; стоячие волны; интерференция и дифракция волн; энергия волны.

Тема 8: Кинематика теории относительности.

Вопросы для обсуждения: постулаты специальной теории относительности; преобразования Лоренца; относительность одновременности; замедление времени; сокращение длины; релятивистский закон сложения скоростей; интервал.

Тема 9: Динамика теории относительности.

Вопросы для обсуждения: релятивистский импульс; зависимость массы от скорости; основное уравнение релятивистской динамики; эквивалентность массы и энергии (формула Эйнштейна); полная, кинетическая и энергия покоя; связь энергии и импульса.

Тема 10: Деформации и напряжения.

Вопросы для обсуждения: виды деформаций (растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб); закон Гука; механическое напряжение; модуль Юнга; модуль сдвига; коэффициент Пуассона; диаграмма растяжения; предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности.

Тема 11: Элементы акустики.

Вопросы для обсуждения: звуковые волны; скорость звука в различных средах; физические характеристики звука (интенсивность, частотный состав); субъективные характеристики звука (громкость, высота, тембр); шкала уровней интенсивности (децибелы); эффект Доплера для звука; ультразвук и инфразвук.

Тема 12: Неинерциальные системы отсчета.

Вопросы для обсуждения: признаки неинерциальных систем; силы инерции; поступательно ускоренные системы; вращающиеся системы отсчёта; центробежная сила инерции; сила Кориолиса; проявления сил инерции на Земле (отклонение падающих тел, вращение плоскости маятника Фуко).

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Пространство и время.

Вопросы для обсуждения: выбор системы отсчёта при решении задач; переход между различными системами отсчёта; расчёт относительной скорости; задачи на принцип относительности Галилея.

Тема 2: Кинематика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: вычисление пути, перемещения, скорости и ускорения при равномерном и равноускоренном движении; задачи на движение тела, брошенного вертикально и под углом к горизонту; расчёт нормального и тангенциального ускорений; задачи на связь линейных и угловых кинематических параметров при вращательном движении.

Тема 3: Динамика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: применение законов Ньютона для движения тела под действием нескольких сил; задачи с учётом сил трения, упругости, тяжести; расчёт работы, мощности, кинетической и потенциальной энергии; задачи на применение закона сохранения энергии для материальной точки.

Тема 4: Динамика систем материальных точек.

Вопросы для обсуждения: определение положения центра масс системы; расчёт импульса системы; задачи на закон сохранения импульса (абсолютно упругий и неупругий удары); применение теоремы о движении центра масс.

Тема 5: Динамика абсолютно твердого тела.

Вопросы для обсуждения: расчёт момента инерции тел простой формы; применение теоремы Штейнера; задачи на основное уравнение динамики вращательного движения;

расчёт момента импульса; задачи на закон сохранения момента импульса (скамья Жуковского, человек на вращающейся платформе); расчёт кинетической энергии вращающегося тела.

Тема 6: Колебательное движение.

Вопросы для обсуждения: составление дифференциального уравнения гармонических колебаний; определение амплитуды, частоты, периода по условию задачи; расчёт параметров пружинного и математического маятников; энергетические расчёты при колебаниях; расчёт параметров затухающих и вынужденных колебаний; определение резонансной частоты.

Тема 7: Волны.

Вопросы для обсуждения: расчёт скорости, длины волны, частоты; запись уравнения бегущей волны; определение разности фаз; расчёт интерференционной картины; расчёт параметров стоячей волны (положение узлов и пучностей); расчёт переносимой волной энергии и интенсивности.

Тема 8: Кинематика теории относительности.

Вопросы для обсуждения: применение преобразований Лоренца для координат и времени; расчёт релятивистского замедления времени и сокращения длины; задачи на релятивистское сложение скоростей; вычисление пространственно-временного интервала.

Тема 9: Динамика теории относительности.

Вопросы для обсуждения: расчёт релятивистского импульса и полной энергии; определение энергии покоя и кинетической энергии; задачи на взаимосвязь массы и энергии; расчёт дефекта массы и энергии связи; применение формулы связи энергии и импульса.

Тема 10: Деформации и напряжения.

Вопросы для обсуждения: расчёт абсолютного и относительного удлинения; применение закона Гука для определения напряжения и деформации; вычисление модуля Юнга и модуля сдвига; задачи на определение запаса прочности; расчёт деформаций кручения и изгиба.

Тема 11: Элементы акустики.

Вопросы для обсуждения: расчёт скорости звука в различных средах; перевод интенсивности звука в уровень громкости (децибелы); задачи на эффект Доплера для звука (движущийся источник, движущийся приёмник); расчёт частоты биений.

Тема 12: Неинерциальные системы отсчёта.

Вопросы для обсуждения: расчёт центробежной силы инерции (например, в центрифуге); задачи с лифтом, движущимся с ускорением; задачи на равновесие тел во вращающихся системах отсчёта.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Законы сохранения	Лабораторная работа № 1. Измерение ускорения свободного падения с помощью математического и физического маятников
2	Кинематика абсолютно твердого тела	Лабораторная работа № 2. Измерение скорости тела методом баллистического маятника Лабораторная работа № 3. Изучение кинематики поступательного движения на машине Атвуда.
3	Динамика абсолютно твердого тела	Лабораторная работа № 4. Соударение шаров. Лабораторная работа № 5. Маятник Максвелла. Лабораторная работа № 6. Маятник Обербека. Лабораторная работа № 7. Определение

		коэффициента трения скольжения. Лабораторная работа № 8. Проверка теоремы Гюйгенса- Штейнера методом вращательных колебаний
4	Колебательное движение.	Лабораторная работа № 9. Изучение механического Резонанса. Лабораторная работа № 10. Изучение колебаний связанных маятников Лабораторная работа № 11. Колебания пружинного маятника
5	Волны.	Лабораторная работа № 12. Определение скорости звука

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: пространство и время, кинематика материальной точки, динамика материальной точки, динамика систем материальных точек, динамика абсолютно твердого тела, колебательное движение, волны, кинематика и динамика теории относительности, деформации и напряжения, элементы акустики, неинерциальные системы отсчета.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт относительной скорости и ускорений; применение законов Ньютона; задачи на закон сохранения импульса и энергии; расчёт момента инерции и основного уравнения динамики вращательного движения; расчёт параметров колебательных и волновых процессов; релятивистское сложение скоростей и связь массы и энергии; расчёт деформаций по закону Гука; расчёт сил инерции.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: фундаментальные законы механики; задачи на закон сохранения импульса, энергии и момента импульса; кинематика и динамика материальной точки и твёрдого тела; механические колебания и волны; элементы специальной теории относительности; деформации и напряжения; акустика; движение в неинерциальных системах отсчёта.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Пространство и время	ОПК-1	Тестирование
Кинематика материальной точки	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Динамика материальной точки	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Динамика систем материальных точек	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Динамика абсолютно твердого тела	ОПК-1	Тестирование
Колебательное движение	ОПК-1	Тестирование
Волны	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Кинематика теории относительности	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Динамика теории относительности	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Деформации и напряжения.	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Элементы акустики	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Неинерциальные системы отсчета	ОПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Угол поворота вращающегося тела изменяется по закону: $\varphi = 4 + 2t + 3t^2 + 5t^3$. Чему равно угловое ускорение? 1) $6t$; 2) $2 + 6t$; 3) $6t + 30t^2$; 4) $6 + 30t$.
Сила есть ... 1) мера воздействия на тело других тел; 2) свойство тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения; 3) мера его инертных и гравитационных свойств; 4) мера различных форм движения.
Относительностью движения называется зависимость ... 1) скорости тела от времени его движения; 2) координаты тела от времени его движения; 3) характеристик движения тела от выбора системы координат; 4) движения тела от места приложения силы.
Из величин, характеризующих гармонические колебания, переменной является: 1) амплитуда; 2) частота; 3) начальная фаза; 4) смещение.
Человек массой 50 кг решил исследовать зависимость своего веса от ускорения вертикального движения. Какими были показания пружинных весов при движении лифта с ускорением 1 м/с^2 , направленным вверх? ($g = 10\text{ м/с}^2$) 1) 50 Н, 2) 51 Н, 3) 49 Н, 4) 500 Н, 5) 450 Н, 6) 550 Н
Однородная доска массой $m = 4\text{ кг}$, опираясь о шероховатый пол, удерживается веревкой под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту (см. рис. 3). Веревка перпендикулярна доске. Определите силу натяжения F веревки. 1. 5 Н. 2. 20 Н. 3. 10 Н. 4. 40 Н.
Для определения положения материальной точки в заданной системе отсчета необходимо задать: 1) радиус-вектор этой точки; 2) тело отсчета; 3) ускорение точки; 4) скорость точки; 5) график зависимости длины пути от времени.
Тело брошено горизонтально с высокой башни со скоростью 10 м/с. Через 5 с скорость камня 1) 48 м/с 2) 35 м/с 3) 62 м/с 4) 14 м/с 5) 51 м/с
Тело массы m движется под действием силы F . Если массу тела уменьшить в два раза, а силу увеличить в два раза, то модуль ускорения тела 1) уменьшится в 4 раза 2) уменьшится в 2 раза 3) не изменится 4) увеличится в 2 раза 5) увеличится в четыре раза
Через 2 с после броска кинетическая энергия тела массой 0,2 кг, брошенного вертикально вверх со скоростью 30 м/с, равна 1) 60 Дж 2) 30 Дж 3) 10 Дж 4) 0,4 Дж 5) 0,5 Дж
К ободу однородного сплошного диска радиусом 0,5 м приложена постоянная касательная сила 100 Н. При вращении диска на него действует момент сил трения 2 Н·м. Определить массу диска, если известно, что его угловое ускорение постоянно и равно 16 рад/с^2 . 1) 16 кг 2) 24 кг 3) 26 кг 4) 34 кг 5) 36 кг
Тело совершает гармонические синусоидальные колебания с периодом $T = 1,2\text{ с}$ и нулевой начальной фазой. Через сколько времени после начала колебаний смещение тела от положения равновесия станет равным половине амплитуды? 1) 0,1 с 2) 0,6 с 3) 0,4 с 4) 0,2 с 5) 0,3 с

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

1. В некотором объеме находится 1 моль идеального газа. Определите число молекул ΔN , скорость которых меньше $0,001v_{\text{вер}}$.
2. Высокий цилиндрический сосуд с азотом находится в однородном поле силы тяжести, ускорение свободного падения в котором равно g . Температура азота изменяется по высоте так, что его плотность всюду одинакова. Найдите градиент температуры dT/dh .
3. Вертикальный капилляр с внутренним диаметром 0,5 мм погрузили в воду так, что длина выступающей над поверхностью части капилляра $h = 25\text{ мм}$. Найдите радиус R мениска.

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Работа № 3. Изучение кинематики поступательного движения на машине Атвуда

1. Цель работы: опытное изучение равноускоренного движения и нахождение ускорения свободного падения.

2. Сведения, необходимые для выполнения работы.

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться со следующими вопросами:

1. Сформулируйте и запишите второй закон Ньютона в дифференциальной форме.

2. Дайте определение момента сил, момента инерции, линейного и углового ускорения. Выведите связь линейного и углового ускорения.

3. Изменится ли натяжение нити (при движении грузов), если один перегрузок заменить другим?

4. Как изменится, ускорение системы, если увеличить массу постоянных грузов А и В (не меняя массы перегрузка и сил трения)?

5. Почему система движется, хотя сила трения больше веса перегрузка

6. Почему не рекомендуется ставить платформу слишком близко к началу шкалы?

7. Почему найденное значение g отличается от табличного?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Векторный и координатный способы описания движения мат. точки. Перемещение, скорость, ускорение.
2. Движение точки по окружности. Векторы угловой скорости и углового ускорения.
3. Описание произвольного криволинейного движения Радиус кривизны. Разложение вектора ускорения на нормальную и тангенциальную составляющие.
4. Силы и взаимодействия. Законы Ньютона
5. Моменты импульса и силы. Уравнение моментов для системы материальных точек.
6. Работа силы. Закон сохранения и взаимного превращения кинетической и потенциальной энергии.
7. Потенциальная энергия гравитационного и кулоновского взаимодействия.
8. Движение планет, комет и искусственных спутников Земли.
9. Задача двух тел. Переход в систему центра масс.
10. Сила Лоренца. Движение заряда в постоянном во времени электрическом и магнитном поле. Магнитные зеркала.
11. Упругие и неупругие столкновения.
12. Инерциальные системы отсчета. Преобразования Галилея и их инварианты.
13. Неинерциальные системы отсчета, движущиеся прямолинейно.
14. Силы инерции. Невесомость.
15. Неинерциальная вращающаяся система координат. Кориолисово ускорение.
16. Системы материальных точек. Центр масс. Кинетическая энергия и момент импульса системы материальных точек.
17. Твердое тело. Уравнения, описывающие поступательное и вращательное движение твердого тела. Уравнения моментов.
18. Момент инерции твердого тела. Вычисление момента инерции относительно оси вращения для симметричных тел. Понятие о тензоре момента инерции.
19. Теорема Гюйгенса. Кинетическая энергия твердого тела, совершающего вращательное и поступательное движения.
20. Гироскопы. Регулярная прецессия.

21. Плоское движение твердого тела. Скатывание цилиндра с наклонной плоскости.
22. Анализ движения физического маятника и маятника Максвелла.
23. Движение тел переменной массы. Уравнение Мещерского и уравнение Циолковского.
24. Деформации в твердых телах.
25. Гармонические колебания Дифференциальное уравнение колебаний.
26. Затухающие и вынужденные колебания Резонанс.
27. Продольные и поперечные волны. Волновое уравнение.
28. Энергия, переносимая волной в струне. Распределение смещений в бегущей волне. Стоячие волны
29. Природа звука. Высота, тембр и громкость звука. Эффект Доплера.
30. Постулаты Эйнштейна в специальной теории относительности.
31. Преобразования Лоренца в специальной теории относительности.
32. Закон сложения скоростей в теории относительности.
33. Эффекты замедления времени и сокращения длины. Релятивистская масса. Релятивистские импульс и энергия.
34. Связь массы и энергии. Ядерные реакции.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать,	хорошо		71-85

	учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Никеров В. А. Физика для вузов: механика и молекулярная физика: учебник / В. А. Никеров. — Москва: Дашков и К°, 2019. — 136 с. — ISBN 978-5-394-00691-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093242>
2. Павлов С. В. Общая физика: сборник задач: учебное пособие / С. В. Павлов, Л. А. Скипетрова; под редакцией С. В. Павлова. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 319 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/textbook_5ad4b0fd3ee963.26468696. — ISBN 978-5-16-013262-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1679516>

Дополнительная литература

1. Злобина С. П. Физика. Механика: учебно-методическое пособие / С. П. Злобина. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА, 2024. — 66 с. — ISBN 978-5-9765-5574-7. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=454838>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Аудитория 226 «Лаборатория механики и молекулярной физики» Состав лабораторного оборудования:

Лабораторная установка «Измерение ускорения свободного падения с помощью математического и физического маятников»; лабораторная установка «Измерение скорости тела методом баллистического маятника»; лабораторная установка «Изучение кинематики поступательного движения на машине Атвуда»; лабораторная установка «Изучение механического резонанса»; лабораторная установка «Изучение колебаний связанных маятников»; лабораторная установка «Колебания пружинного маятника»; лабораторная установка «Маятник Максвелла»; лабораторная установка «Маятник Обербека»; лабораторная установка «Определение коэффициента трения скольжения»; лабораторная установка «Проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера методом вращательных колебаний»; лабораторная установка «Соударение шаров»; Лабораторная установка «Определение скорости звука».

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории),

оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Наименование дисциплины: «Термодинамика и молекулярная физика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов на основе обобщения наблюдений, практического опыта и эксперимента системного подхода к изучению молекулярной физики и термодинамики и способности применять теоретические знания при решении практических задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия, законы и модели молекулярной физики. Уметь: правильно соотносить содержание конкретных задач с законами физики, эффективно применять общие законы физики для решения конкретных задач в области физики и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний; строить математические модели простейших физических явлений и использовать для изучения этих моделей доступный ему математический аппарат, включая методы вычислительной математики; Владеть: навыками использования основных законов механики для анализа различных механических и физических систем; использования математического аппарата для решения физических задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика и молекулярная физика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной

внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Температура.	Понятие температуры. Температурная шкала. Эмпирическая температура. Абсолютный нуль температуры. Связь абсолютной температуры и температуры по шкале Цельсия.
2.	Молекулярно-кинетическая теория.	Атомная единица массы. Молекулярная (атомная) масса. Моль. Число Авогадро. Принцип работы атомно-силового микроскопа. Принципы электронной микроскопии. Динамические методы описания термодинамических систем. Идеальный газ. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Основное уравнение кинетической теории газов. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Функция распределения молекул идеального газа по значению проекции скорости. Условие нормировки. Функция распределения молекул идеального газа по скоростям. Функция распределения молекул идеального газа по модулю скорости. Характерные скорости молекул. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Броуновское движение.
3.	Первое начало термодинамики.	Равновесная термодинамическая система (ТДС). Параметры состояния ТДС. Равновесный (квазиравновесный, квазистатический) процесс. Обратимый процесс. Уравнение состояния физически однородной и изотропной ТДС. Уравнение состояния идеального газа. Термодинамическое тождество. Коэффициент теплового расширения. Термический коэффициент давления. Модуль всестороннего сжатия вещества. Элементарная работа ТДС. Работа ТДС в равновесном процессе. Работа идеального газа в изотермическом процессе. Адиабатическая оболочка. Свойство адиабатически изолированной ТДС. Внутренняя энергия ТДС. Свойства внутренней энергии ТДС. Теплообмен. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Теплоемкость тела. Удельная и молярная теплоемкости. Теплоемкость ТДС в произвольном процессе.

		Закон Джоуля. Внутренняя энергия идеального газа. Уравнение Майера. Адиабатическая постоянная. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Теплоемкость адиабатического процесса. Политропический процесс. Уравнение политропического процесса. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул. Тепловой баланс Земли.
4.	Второе начало термодинамики.	Круговой процесс (цикл). Тепловая машина. Прямой круговой процесс (цикл тепловой машины). Обратный круговой процесс (цикл холодильной машины). Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины. Принципы работы паровой турбины. Холодильный коэффициент. Холодильная установка и тепловой насос. Цикл Карно (цикл идеальной тепловой машины). Двигатель Стирлинга. Цикл Отто. Принцип работы двигателя внутреннего сгорания. Цикл Дизеля. Формулировка Клаузиуса второго начала термодинамики. Формулировка Томсона второго начала термодинамики. Теорема Карно о КПД обратимого цикла (первая теорема Карно). Первое следствие первой теоремы Карно о КПД произвольной машины Карно. Второе следствие первой теоремы Карно о приведенной теплоте обратимого цикла Карно. Третье следствие первой теоремы Карно об абсолютной термодинамической температуре. Свойства абсолютной термодинамической температуры. Теорема Карно о КПД произвольного (обратимого или необратимого) цикла (вторая теорема Карно). Следствие второе теоремы Карно: неравенство Клаузиуса в частном случае. Неравенство Клаузиуса в общем виде. Энтропия. Определение энтропии в интегральной и дифференциальной формах. Энтропия идеального газа. Закон возрастания энтропии. Основное уравнение термодинамики. Термодинамическое неравенство. Зависимость внутренней энергии ТДС от ее объема. Разность теплоемкостей при постоянном объеме и давлении произвольной термодинамической системы. Свободная энергия и ее свойства. Термодинамический потенциал Гиббса и его свойства. Энтальпия и ее свойства. Макросостояние. Микросостояние. Статистический вес (термодинамическая вероятность) состояния ТДС. тепловые флуктуации. Формула Больцмана. Теорема Нернста (третье начало термодинамики). Следствия из теоремы Нернста. Самоорганизация: ячейки Бенара, реакция Белоусова – Жаботинского; эволюция конкурирующих видов; порядок и хаос; бифуркации.
5.	Неидеальные газы.	Уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнения состояния реального газа: уравнения Дитеричи, Бертло; уравнение Ван-дер-Ваальса в вириальной форме. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса. Энтропия газа Ван-дер Ваальса. Насыщенный пар. Критическое состояние вещества. Критические параметры. Процесс Джоуля – Томсона. Эффект Джоуля – Томсона. Эффект Джоуля –Томсона для газа Ван-дер-Ваальса. Положительные и отрицательный

		эффекты Джоуля – Томсона. Температура инверсии
6.	Фазовые превращения.	Термодинамическая фаза. Фазовое превращение (переход). Фазовые превращения первого рода. Удельная теплота фазового перехода. Фазовые переходы второго рода. Условия фазового равновесия. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Абсолютная влажность воздуха. Относительная влажность воздуха. Точка росы. Сжижение газов. Сжижение природного газа. Сверхкритический флюид. Твердые тела. Кристаллографические системы. Кристаллографические плоскости. Рентгеноструктурный анализ кристаллов. Нейтронография, электронография. Дефекты кристаллических решеток. Полиморфизм. Фуллерен. Нанотрубки. Графен.
7.	Жидкости. Поверхностные явления.	Коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Удельная теплота изотермического увеличения поверхности жидкости. Формула Лапласа. Краевой угол. Полное смачивание. Частичные смачивание и несмачивание. Полное несмачивание. Капиллярные явления. Высота поднятия жидкости в капилляре. Вириальное уравнение состояния простой жидкости. Молекулярное движение в жидкостях. Полимеры. Изгиб длинных молекул. Жидкие кристаллы.
8.	Кинетические явления.	Кинетические явления. Явления переноса. Поток физической величины. Диффузия. Уравнение диффузии (закон Фика). Коэффициент диффузии. Уравнение теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности. Уравнение вязкости (внутреннего трения) (закон Ньютона). Коэффициент динамической вязкости. Эффективный диаметр молекулы. Среднее число столкновений молекулы газа в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекулы. Коэффициента диффузии, теплопроводности и вязкости идеального газа. Измерение теплопроводности. Метод лазерной вспышки. Свободная конвекция. Конвективная устойчивость. Вынужденная конвекция. Конвективное движение в мантии Земли. Разреженные газы. Молекулярная диффузия. Молекулярное течение. Сосуд Дьюара. Получение вакуума

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Температура.

Вопросы для обсуждения: Уравнение состояния газа. Процессы. Молекулярно-кинетическая теория. Распределения Максвелла и Больцмана.

Тема 2: Молекулярно-кинетическая теория.

Вопросы для обсуждения: основные положения МКТ; идеальный газ; вывод основного

уравнения МКТ; связь давления со средней кинетической энергией молекул; распределение молекул по скоростям (Максвелл).

Тема 3: Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: внутренняя энергия; работа в термодинамике; количество теплоты; формулировка первого начала; теплоёмкость (при постоянном объёме и давлении); применение к изопроцессам; адиабатический процесс; уравнение Пуассона.

Тема 4: Второе начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: энтропия; принцип возрастания энтропии в изолированных системах; термодинамическая вероятность; формула Больцмана; цикл Карно; коэффициент полезного действия; теорема Карно; понятие о третьем начале термодинамики.

Тема 5: Неидеальные газы.

Вопросы для обсуждения: отклонения от идеальности; силы межмолекулярного взаимодействия; уравнение Ван-дер-Ваальса; изотермы реального газа; критическое состояние; внутренняя энергия реального газа; эффект Джоуля — Томсона; сжижение газов.

Тема 6: Фазовые превращения.

Вопросы для обсуждения: фазовые равновесия; диаграммы состояния (P – T); тройная точка; уравнение Клапейрона — Клаузиуса; фазовые переходы первого и второго рода; парообразование и конденсация; испарение и кипение; насыщенный и ненасыщенный пар; влажность воздуха.

Тема 7: Жидкости. Поверхностные явления.

Вопросы для обсуждения: структура жидкостей; поверхностное натяжение; коэффициент поверхностного натяжения; смачивание и несмачивание; капиллярные явления; формула Лапласа (дополнительное давление под искривлённой поверхностью); капиллярный подъём.

Тема 8: Кинетические явления.

Вопросы для обсуждения: явления переноса в газах; диффузия; закон Фика; теплопроводность; закон Фурье; вязкость (внутреннее трение); закон Ньютона для вязкости; средняя длина свободного пробега; коэффициент переноса; взаимосвязь кинетических коэффициентов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Температура.

Вопросы для обсуждения: перевод значений температуры в различные шкалы; расчёт термометрических параметров; определение цены деления и погрешности термометров; построение температурных шкал по реперным точкам.

Тема 2: Молекулярно-кинетическая теория.

Вопросы для обсуждения: расчёт давления и концентрации молекул; определение средней квадратичной, наиболее вероятной и средней арифметической скоростей; применение распределений Максвелла и Больцмана; расчёт числа степеней свободы и внутренней энергии.

Тема 3: Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: расчёт работы, теплоты и изменения внутренней энергии в изопроцессах; анализ адиабатического процесса; определение теплоёмкости газов; решение задач на смешение газов.

Тема 4: Второе начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: расчёт изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах; определение КПД цикла Карно и других циклов; оценка максимальной работы; задачи на направление тепловых процессов.

Тема 5: Неидеальные газы.

Вопросы для обсуждения: расчёт давления и объёма по уравнению Ван-дер-Ваальса; определение критических параметров; построение и анализ изотерм реального газа; расчёт поправок на собственный объём молекул и сил притяжения.

Тема 6: Фазовые превращения.

Вопросы для обсуждения: расчёт количества теплоты при фазовых переходах; определение параметров тройной точки; применение уравнения Клапейрона — Клаузиуса; решение задач на влажность воздуха (точка росы, абсолютная и относительная влажность).

Тема 7: Жидкости. Поверхностные явления.

Вопросы для обсуждения: расчёт поверхностного натяжения; определение высоты капиллярного подъёма; расчёт дополнительного давления Лапласа для сферических и цилиндрических поверхностей; оценка работы образования поверхности.

Тема 8: Кинетические явления.

Вопросы для обсуждения: явления переноса.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Первое начало термодинамики	Лабораторная работа № 13. Измерение соотношения C_p/C_v воздуха. Лабораторная работа № 14. Изучение изобарного процесса. Лабораторная работа № 15. Изучение изохорного процесса. Лабораторная работа № 16. Изучение изотермического процесса.
2	Второе начало термодинамики.	Лабораторная работа № 17. Определение теплопроводности воздуха.
3	Жидкости. Поверхностные явления.	Лабораторная работа № 18. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Температура: термодинамическое равновесие, температурные шкалы, абсолютный нуль. Молекулярно-кинетическая теория: основное уравнение МКТ, распределения Максвелла и Больцмана, число степеней свободы, закон равнораспределения энергии. Первое начало термодинамики: внутренняя энергия, работа, теплота, теплоёмкости, применение к изопроцессам и адиабатическому процессу. Второе начало термодинамики: энтропия, принцип её возрастания, цикл и теорема Карно, термодинамическая вероятность, формула Больцмана. Неидеальные газы: уравнение Ван-дер-Ваальса, критическое состояние, эффект Джоуля — Томсона. Фазовые превращения: диаграммы состояния, уравнение Клапейрона — Клаузиуса, фазовые переходы первого и второго рода. Жидкости и поверхностные явления: поверхностное натяжение, смачивание, капиллярные явления, формула Лапласа. Кинетические явления: диффузия, теплопроводность, вязкость, средняя длина свободного пробега, коэффициенты переноса.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт давления, концентрации, средней кинетической энергии молекул идеального газа.

Определение средней квадратичной, наиболее вероятной и средней арифметической скоростей молекул. Расчёт внутренней энергии, работы, теплоты в изопроцессах и адиабатическом процессе. Вычисление изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах. Определение КПД цикла Карно и других термодинамических циклов. Решение задач на уравнение Ван-дер-Ваальса и определение критических параметров. Расчёт теплоты фазовых переходов и применение уравнения Клапейрона — Клаузиуса. Задачи на влажность воздуха (абсолютная и относительная влажность, точка росы). Расчёт поверхностного натяжения, высоты капиллярного подъёма, дополнительного давления Лапласа. Определение коэффициентов диффузии, теплопроводности и вязкости газов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Распределения Максвелла и Больцмана. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам и адиабатическому процессу. Расчёт изменения энтропии и КПД тепловых двигателей. Уравнение состояния идеального газа и реального газа (Ван-дер-Ваальса). Фазовые равновесия и фазовые переходы. Поверхностное натяжение и капиллярные явления. Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость).

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе

освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Температура.	ОПК-1	Тестирование
Молекулярно-кинетическая теория.	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Первое начало термодинамики.	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Второе начало термодинамики.	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Неидеальные газы.	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Фазовые превращения.	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Жидкости. Поверхностные явления.	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Кинетические явления.	ОПК-1	Тестирование, решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Укажите утверждение, относящееся к основному положению молекулярно-кинетической теории: 1) для данной массы газа при неизменной температуре произведение давления газа на его объем постоянно; 2) молекулы вещества находятся в хаотическом тепловом движении; 3) в равных объемах газов при одинаковых температурах и давлениях содержится одинаковое число молекул; 4) на каждую степень свободы молекулы в среднем приходится энергия, равная $kT/2$.
Газ, совершив цикл, вернулся в первоначальное состояние. При этом изменение его внутренней энергии ... 1) $\Delta U > 0$; 2) $\Delta U < 0$; 3) $\Delta U = 0$; 4) $\Delta U = A$.
С помощью кипятильника мощностью 300 Вт не удается довести до кипения воду массой 1,2 кг из-за теплообмена с окружающей средой. Когда температура воды перестает увеличиваться, кипятильник выключают. На сколько понизится температура воды за следующую минуту? 1. На $7,5^{\circ}$. 2. На $5,4^{\circ}$. 3. На $2,8^{\circ}$. 4. На $3,6^{\circ}$.
При неизменной концентрации частиц идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 3 раза. При этом давление газа 1) уменьшилось в 3 раза. 2) увеличилось в 3 раза 3) увеличилось в 9 раз. 4) не изменилось
Кипение жидкости происходит при температуре ... 1) 100°C . 2) при которой давление насыщенных паров жидкости равно внешнему давлению на свободную поверхность жидкости. 3) при которой гидростатическое давление жидкости на дно сосуда равно внешнему давлению

свободную поверхность жидкости.
4) при которой жидкость переходит в пар.

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

1. Определите наименьшее возможное давление идеального газа в процессе,

$$T = T_0 + aV^2$$

происходящем по закону: , где T_0 и a – положительные постоянные, V – объем моля газа.

2. В некотором объеме находится 1 моль идеального газа. Определите число молекул ΔN , скорость которых меньше $0,001v_{\text{вер}}$.

3. Высокий цилиндрический сосуд с азотом находится в однородном поле силы тяжести, ускорение свободного падения в котором равно g . Температура азота изменяется по высоте так, что его плотность всюду одинакова. Найдите градиент

$$dT/dh$$

температуры

4. Газ из жестких двухатомных молекул, находившийся при нормальных условиях, адиабатически сжали в $\eta = 5$ раз по объему. Найдите среднюю кинетическую энергию вращательного движения молекулы в конечном состоянии.
5. Состояние одного моля газа изменяется по замкнутому циклу, состоящему из двух изобарических процессов и двух изохорических. В состоянии 1 температура газа $T_1 = 100$ К, в состоянии 3 температура равна $T_3 = 400$ К. В состояниях 2 и 4 температуры одинаковы. Определите работу, совершенную газом за цикл. Найдите изменение внутренней энергии и количество теплоты, полученное газом за цикл. Считать показатель адиабаты $\gamma = 1,4$.

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Работа № 13. Измерение соотношения C_p/C_v воздуха

1. Цель работы

Получение навыков экспериментального измерения соотношения C_p/C_v для воздуха.

2. Сведения, необходимые для выполнения работы

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться со следующими вопросами:

1. Дайте определение теплоёмкости.
2. Выведите формулу Пуазейля.
3. Получите формулу для определения удельной теплоёмкости воздуха.
4. Поясните связь между теплоемкостями C_p и C_v .

5. Объясните суть метода определения удельной теплоёмкости воздуха.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Молекулярная физика и термодинамика. Понятие температуры. Тепловое и термодинамическое равновесие. Общее (нулевое) начало термодинамики. Тепловое равновесие и температура
2. Температурная шкала. Эмпирическая температурная шкала. Термометрическое тело. Температурный параметр. Градуировка термометра. Шкала Цельсия. Закон Шарля. Абсолютная температурная шкала. Абсолютный нуль температур. Виды термометров
3. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ). Экспериментальное подтверждение основных положений МКТ: броуновское движение, диффузия, опыты Штерна. Принцип работы атомно-силового микроскопа. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда – Джонса. Атомная единица массы. Относительная молекулярная масса. Моль. Число Авогадро. Молярная масса
4. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ). Экспериментальное подтверждение основных положений МКТ: броуновское движение, диффузия, опыты Штерна. Принцип работы электронного микроскопа. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда – Джонса. Атомная единица массы. Относительная молекулярная масса. Моль. Число Авогадро. Молярная масса
5. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов. Среднеквадратичная скорость молекул идеального газа. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры идеального газа
6. Идеальный газ во внешнем поле. Барометрическая формула. Зависимость концентрации молекул идеального газа от высоты в однородном поле силы тяжести. Распределение Больцмана
7. Распределение молекул идеального газа по значениям проекции скорости на координатную ось. Функция распределения молекул идеального газа по значениям проекции скорости на координатную ось. Условие нормировки функции Максвелла $\varphi(v_z)$. Свойства функции $\varphi(v_z)$
8. Распределение молекул идеального газа по модулю скорости. Функция распределения молекул по скоростям $f(v_x, v_y, v_z)$. Функция распределения молекул идеального газа по модулю скорости. Свойства функции Максвелла $F(v)$. Наиболее вероятная скорость
9. Распределение молекул идеального газа по модулю скорости. Функция распределения молекул по скоростям $f(v_x, v_y, v_z)$. Функция распределения молекул идеального газа по модулю скорости. Свойства функции Максвелла $F(v)$
10. Термодинамическая система. Термодинамические параметры. Трёхпараметрическая термодинамическая системы. Равновесное и неравновесное состояния термодинамической системы. Время релаксации. Термодинамические процессы. Равновесные и неравновесные

термодинамические процессы. Обратимые и необратимые термодинамические процессы. Уравнение состояния термодинамической системы. Основное термодинамическое тождество. Термодинамические коэффициенты

11. Элементарная работа термодинамической системы. Работа термодинамической системы в конечном процессе. Работа в круговом процессе. Зависимость работы термодинамической системы от вида процесса. Работа идеального газа в изохорном, изобарном и изотермическом процессах

12. Внутренняя энергия термодинамической системы. Понятие адиабатически изолированной термодинамической системы. Основное свойство адиабатически изолированной термодинамической системы. Определение внутренней энергии в термодинамике. Свойства внутренней энергии. Теплообмен. Количество теплоты. Первое начало термодинамики

13. Теплоемкость термодинамической системы (теплоемкость тела). Молярная и удельная теплоемкости. Зависимость теплоемкости термодинамической системы от вида процесса. теплоемкость термодинамической системы в произвольном процессе. Закон Джоуля. Уравнение Майера

14. Адиабатический процесс. Уравнение адиабатического процесса для идеального газа. Теплоемкость и работа идеального газа в адиабатическом процессе

15. Политропический процесс. Уравнение политропического процесса для идеального газа. Отрицательная теплоемкость термодинамической системы

16. Понятие кругового процесса (цикла). Обратимые и необратимые круговые процессы. Циклы тепловой и холодильной машин. Характеристики циклов тепловой и холодильной машин. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Холодильный коэффициент

17. Паровая машина. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно. Обратимость цикла Карно

18. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно (без вывода формулы). Обратимость цикла Карно. Цикл Стирлинга. Принцип работы тепловой машины Стирлинга. Коэффициент полезного действия цикла Стирлинга

19. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно (без вывода формулы). Обратимость цикла Карно. Двигатель внутреннего сгорания. Цикл Отто. Коэффициент полезного действия цикла Отто

20. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно (без вывода формулы). Обратимость цикла Карно. Двигатель Дизеля

21. Второе начало термодинамики (по Клаузиусу и по Томсону). Второе начало термодинамики и вечный двигатель второго рода. Теорема Карно о коэффициенте полезного действия обратимого цикла (первая теорема Карно)

22. Теорема Карно о коэффициенте полезного действия обратимого цикла (первая теорема Карно, без доказательства). Следствия первой теоремы Карно: коэффициент полезного действия произвольной тепловой машины Карно; приведенная теплота обратимого цикла тепловой машины, связанной с двумя тепловыми резервуарами; построение абсолютной температурной шкалы. Свойства абсолютной температурной шкалы. Абсолютный нуль температур

23. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса для случая тепловой машины, обменивающейся теплотой с двумя тепловыми резервуарами

24. Вторая теорема Карно (без доказательства). Неравенство Клаузиуса

25. Приведенная теплота произвольного обратимого кругового процесса. Свойство приведенной теплоты произвольного обратимого кругового процесса. Энтропия термодинамической системы. Энтропия идеального газа
26. Энтропия термодинамической системы. Изменение энтропии в произвольном процессе. Закон возрастания энтропии. Расширение идеального газа в вакуум. Парадокс Гиббса
27. Энтропия термодинамической системы. Изменение энтропии в произвольном процессе. Закон возрастания энтропии. Пример необратимого процесса: тепловой контакт тел при разных температурах. Основное уравнение термодинамики. Основное термодинамическое неравенство
28. Понятия макро- и микросостояния Термодинамической системы. Статистический вес макросостояния термодинамической системы. Вероятность макросостояния термодинамической системы. Вероятностный подход к объяснению необратимости расширения идеального газа в вакуум. Тепловые флуктуации. Формула Больцмана
29. Функция состояния термодинамической системы. Термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия термодинамической системы. Свободная энергия
30. Функция состояния термодинамической системы. Термодинамические потенциалы. Термодинамический потенциал Гиббса. Энтальпия
31. Третье начало термодинамики (теорема Нернста). Энтропия тела при заданной температуре. Справедливость теоремы Нернста. Первое следствие теоремы Нернста: теплоемкость тела при приближении к абсолютному нулю температур. Второе следствие теоремы Нернста: поведение коэффициента теплового расширения при абсолютном нуле температур
32. Третье начало термодинамики (теорема Нернста). Энтропия тела при заданной температуре. Справедливость теоремы Нернста. Первое следствие теоремы Нернста: теплоемкость тела при приближении к абсолютному нулю температур. Второе следствие теоремы Нернста: поведение термического коэффициента давления при абсолютном нуле температур
33. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Модель газа Ван-дер-Ваальса. Понятие радиуса молекулярного действия. Ван-дер-ваальсовы силы. Физический смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса.
34. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Модель газа Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
35. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Модель газа Ван-дер-Ваальса. Понятие радиуса молекулярного действия. Ван-дер-ваальсовы силы. Физический смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса.
36. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Спинодаль. Критическая точка. Критические параметры. Жидкая и газообразная фазы на диаграмме Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Метастабильные состояния: переохлажденный пар и перегретая жидкость
37. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Жидкая и газообразная фазы на диаграмме Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Метастабильные состояния: переохлажденный пар и перегретая жидкость. Правило Максвелла. Правило рычага.
38. Понятия фазы и фазового перехода. Фазовый переход первого рода. Фазовый переход второго рода. Условия фазового равновесия в двухфазной гетерогенной системе. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Кривые фазового равновесия. Диаграмма состояния.

Критическая точка. Тройная точка. Сопоставление изотерм реального газа с изотермами на диаграмме состояний. Диаграмма состояния гелия.

39. Кинетические процессы. Явления переноса. Понятие потока физической величины. Градиент физической величины. Уравнения диффузии (закон Фика). Коэффициент диффузии. Уравнение теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности. Уравнение вязкости (закон Ньютона). Коэффициент вязкости.

40. Понятия эффективного диаметра и эффективного сечения соударения молекулы. Средняя длина свободного пробега молекулы. Уравнения диффузии (закон Фика). Коэффициент диффузии. Коэффициент диффузии идеального газа.

41. Понятия эффективного диаметра и эффективного сечения соударения молекулы. Средняя длина свободного пробега молекулы. Уравнение теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности идеального газа.

42. Понятия эффективного диаметра и эффективного сечения соударения молекулы. Средняя длина свободного пробега молекулы. Уравнение вязкости (закон Ньютона). Коэффициент вязкости. Коэффициент вязкости идеального газа.

43. Поверхностное натяжение. Понятие радиуса молекулярного взаимодействия. Коэффициент поверхностного натяжения. Свободная энергия жидкости. Сила, действующая на поверхность жидкости. Удельная теплота изотермического процесса увеличения поверхности жидкости.

44. Поверхностное натяжение. Понятие радиуса молекулярного взаимодействия. Коэффициент поверхностного натяжения. Формула Лапласа. Избыточное давление в капле жидкости и в заполненном воздухом мыльном пузыре.

45. Поверхностные явления. Явления на границе раздела твердое тело – жидкость – газ. Краевой угол. Частичное и полное смачивание и несмачивание. Капиллярные явления. Высота поднятия жидкости в капилляре.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и	отлично	зачтено	86-100

		прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

3. Никеров В. А. Физика для вузов: механика и молекулярная физика: учебник / В. А. Никеров. — Москва: Дашков и К°, 2019. — 136 с. — ISBN 978-5-394-00691-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093242>
4. Павлов С. В. Общая физика: сборник задач: учебное пособие / С. В. Павлов, Л. А. Скипетрова; под редакцией С. В. Павлова. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 319 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI

10.12737/textbook_5ad4b0fd3ee963.26468696. — ISBN 978-5-16-013262-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1679516>

Дополнительная литература

1. Физика. Практикум по решению задач: учеб. пособие / Л. Л. Гладков [и др.]. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014. — 282 с.: табл. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-8114-1535-9
2. Грабовский Р. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Р. И. Грабовский. — 12-е изд., стер. — СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2012. — 607 с.: ил. — (Учебник для вузов. Специальная литература). — Предм. указ.: с. 597-601. — ISBN 978-5-8114-0466-7
3. Трофимова Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 18-е изд., стер. — Москва: Академия, 2010. — 557, [1] с.: ил. — (Высшее профессиональное образование). — Предм. указ.: с. 537-549. — ISBN 978-5-7695-7601-0
4. Элементарный учебник физики: в 3 т. / под ред. Г. С. Ландсберга. — 13-е изд. — М.: Физматлит, 2003. — Т. 1: Механика. Теплота. Молекулярная физика. — 607 с. — Библиогр.: с. 607. — ISBN 5-9221-0348-2. — Текст: непосредственный.
5. Савельев И. В. Курс физики: учебник: в 3 т. / И. В. Савельев. — СПб.: Мифрил, 1996. — Т. 1: Механика. Молекулярная физика. — 304 с. — ISBN 5-56457-015-X. — ISBN 5-86457-018-4. — Текст: непосредственный.
6. Ландау Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика: [Для втузов] / А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц, Л. Д. Ландау. — 2-е изд., испр. — М.: Наука, 1969. — 399 с.
7. Умов Н. А. Курс физики: лекции / проф. Н. А. Умов. — Т. 1: Механика - Молекулярная физика - Теплота. — Москва: Тип. О. Л. Сомовой, 1907. — 447 с. — Текст: электронный.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления

образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Аудитория 226 «Лаборатория механики и молекулярной физики»

Состав лабораторного оборудования: лабораторная установка «Измерение соотношения C_p/C_v воздуха»; лабораторная установка «Изучение изобарного процесса»; лабораторная установка «Изучение изотермического процесса»; лабораторная установка «Изучение изохорного процесса»; лабораторная установка «Определение теплопроводности воздуха»; лабораторная установка «Определение скорости звука»; лабораторная установка «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости».

Персональный компьютер с параметрами - Intel Core I3-3220, 3.3 GHz, 4Gb RAM, 1 Tb HDD, 21,5", keyboard, Mouse, LAN, Internet access. Операционная система MS Windows 10 Home № договора Б-00388960 от 17.12.2018 (бессрочно) МОЙ ОФИС Профессиональный корп.академ. № договора 272-ЛД (бессрочно).

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Наименование дисциплины: «Электричество и магнетизм».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний основных понятий и законов электричества и магнетизма, теоретических основ электромагнетизма в их связи с другими разделами физики и техники, а также навыков проведения экспериментальных исследований электрических и магнитных явлений.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен	ОПК-1.1. Демонстрирует	Знать: фундаментальные законы

использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	природы, основные физические законы, методы накопления, передачи и обработки информации в области электричества и магнетизма. Уметь: применять физические законы для решения задач профессиональной деятельности в области электричества и магнетизма. Владеть: теоретическими и экспериментальными исследованиями объектов профессиональной деятельности в области электричества и магнетизма.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электричество и магнетизм» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.	Классификация физических взаимодействий и структура вещества. Элементарные частицы, их индивидуальные и коллективные свойства. Лептоны, адроны, мезоны, кварки. Фотон и другие бозоны. Классическая и квантовая статистики. Стандартная модель строения вещества.

		Объединение электромагнитного и слабого взаимодействий. Электрические заряды и токи. Дискретные и континуальные представления электричества. Сила тока, плотность тока. Плотность тока как поток носителей. Элемент тока. Закон сохранения заряда. Интегральная и дифференциальная форма уравнения непрерывности. Условие постоянства тока. Законы силового взаимодействия электрических зарядов и токов (законы Кулона и Ампера). Электрическая ϵ_0 и магнитная μ_0 постоянные. Границы применимости законов Кулона и Ампера. Принцип суперпозиции. Сила взаимодействия между линейными токами. Единица измерения силы тока – ампер. Эталон ампера.
2.	Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	Напряженность электрического поля $\vec{E}$. Индукция магнитного поля $\vec{B}$. Вычисление полей, создаваемых распределением зарядов и токов. Скалярный φ и векторный $\vec{A}$ потенциалы. Потенциал как энергетическая характеристика поля. Неопределенность потенциалов. Геометрическое изображение полей. Силовые линии и эквипотенциальные поверхности. Теоремы Гаусса и Стокса для электрических и магнитных полей. Монополь Дирака. Применение теорем Гаусса и Стокса для вычисления электрических и магнитных полей. Уравнение Пуассона. Граничные условия. Единственность решения уравнения Пуассона. Уравнение Лапласа. Электрический диполь и магнитный момент. Потенциал и напряженность поля электрического диполя. Векторный потенциал и индукция магнитного поля витка с током. Силы и моменты сил, действующих на диполь и виток с током в электрических и магнитных полях.
3.	Электрическое и магнитное поле в средах.	Поляризация и намагничивание сред. Вектор поляризации $\vec{P}$ и вектор намагничивания $\vec{M}$. Свободные и поляризационные заряды. Общие выражения для скалярного и векторного потенциала с учетом поляризации и намагничивания сред. Индукция электрического поля $\vec{D}$ и напряженность магнитного поля $\vec{H}$. Материальные уравнения Максвелла. Восприимчивости χ и проницаемости ϵ , μ веществ. Классификация диэлектриков и магнетиков. Кривая намагничивания и кривая поляризации. Гистерезис. Свойства ферромагнетиков и сегнетоэлектриков. Условия на границе раздела двух различных сред. Законы преломления.

4.	Электрический ток.	Вольт-амперная характеристика. Закон Ома для однородного проводника. Электропроводность. Сопротивление. Температурная зависимость электропроводности. Работа тока. Закон Джоуля-Ленца. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Потенциальные диаграммы. Закон Ома для неоднородного проводника и для замкнутой цепи. Электродвижущая сила. Сторонние силы. Электрический ток в средах. Электролиты, законы Фарадея. Виды газового разряда: тлеющий разряд, дуга, искра, молния. Ток в вакуумных приборах. Закон «трех вторых». Вольт-амперная характеристика диода. Ток насыщения. Электронные лампы. Электрический ток в неоднородных средах. Локализация зарядов. Моделирование электрических полей. Правила Кирхгофа. Расчет электрических цепей.
5.	Переменное электромагнитное поле.	Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла. Общее выражение для напряженности электрического поля. Единица магнитного потока – вебер. Ток смещения. Соотношение между токами смещения и токами проводимости. Полная система уравнений Максвелла в неподвижной системе. Значение теории Максвелла. Преобразование полей.
6.	Энергия электромагнитного поля.	Закон сохранения энергии электромагнитного поля в неподвижных средах. Энергия магнитного поля. Энергия при намагничивании и размагничивании. Собственная энергия тока. Энергия электрического поля. Собственная энергия системы зарядов. Поток энергии. Вектор Пойнтинга. Элементы электрических цепей. Резисторы, конденсаторы, индуктивность. Взаимная индуктивность. Источники тока, режимы их работы. Коэффициент полезного действия. Согласование.
7.	Переменный ток. Электрические колебания.	Закон Ома для переменного тока. Последовательное и параллельное соединения R , L , C и ε . Полное сопротивление и полная проводимость. Комплексные амплитуды. Векторные диаграммы. Закон Ома для участка цепи. Резонанс напряжений и резонанс токов. Условия наблюдения резонанса. Резонансные характеристики. Работа и мощность переменного тока. Коэффициент мощности. Переходные процессы в электрических цепях: зарядка и разрядка конденсатора, установление и исчезновение тока в цепи с индуктивностью. Затухающие электрические колебания. Характеристики затухания. Добротность колебательного контура. Установление и затухание колебаний. Автоколебания. Генератор

		автоколебаний на триоде. Отрицательное сопротивление. Обратная связь. Условие самовозбуждения.
8.	Электромагнитные волны.	Классификация волн. Характеристики волновых процессов. Волновое уравнение. Волновая функция. Решение уравнений Максвелла для пустого пространства и для среды с источниками. Уравнения Гельмгольца и уравнения Даламбера. Плоские и сферические электромагнитные волны. Запаздывающие потенциалы. Свойства электромагнитных волн в изотропной среде: распространение, отражение и преломление, перенос энергии, давление
9.	Электронные явления.	Классическая электронная теория металлов. Природа электропроводности в различных средах. Энергетический спектр электронов в кристалле. Распределение Ферми. Уровень Ферми. Работа выхода. Зонная структура металлов, диэлектриков, чистых и легированных полупроводников. Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Термоэлектродвижущая сила. Явление Пельтье. Полупроводниковые диоды и транзисторы. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Электронная природа ферро-, пара- и диамагнетизма. Теорема Лармора. Магнитный резонанс.
10.	Международная система единиц.	Принципы построения системы единиц СИ. Основные, дополнительные, производные единицы. Внесистемные единицы.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.

Вопросы для обсуждения: Классификация фундаментальных типов взаимодействий/

Тема 2: Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ подобия основных уравнений электростатики и магнитостатики и их решений.

Тема 3: Электрическое и магнитное поле в средах.

Вопросы для обсуждения: Сегнетоэлектрики и их применение в технике.

Тема 4: Электрический ток.

Вопросы для обсуждения: Основные виды газовых разрядов, условия их наблюдения и применение в технике.

Тема 5: Переменное электромагнитное поле.

Вопросы для обсуждения: Пределы применимости электромагнитной теории Максвелла и их обоснование.

Тема 6: Энергия электромагнитного поля.

Вопросы для обсуждения: Методы генерации и хранения электромагнитной энергии в технике.

Тема 7: Переменный ток. Электрические колебания.

Вопросы для обсуждения: Принципы действия и устройство электродвигателей и генераторов переменного тока.

Тема 8: Электромагнитные волны.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ методов генерации электромагнитных волн различных частотных диапазонов и особенностей их взаимодействия с веществом.

Тема 9: Электронные явления.

Вопросы для обсуждения: Датчики Холла и их применение в технике.

Тема 10: Международная система единиц.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ принципов построения системы и Гауссовой системы единиц измерения.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.

Вопросы для обсуждения: Исследование структуры стационарных электрических и магнитных полей в вакууме систем электрических зарядов и постоянных токов.

Тема 2: Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.

Вопросы для обсуждения: Применение уравнений электростатики и магнитостатики для расчета характеристик статических электрических и магнитных полей различных систем неподвижных электрических зарядов, постоянных электрических токов.

Тема 3: Электрическое и магнитное поле в средах.

Вопросы для обсуждения: Расчет статических электрических и магнитных полей посредством применения теорем Гаусса и Стокса.

Тема 4: Электрический ток.

Вопросы для обсуждения: Расчет электрического поля, создаваемого электрическим диполем, и магнитного поля, создаваемого магнитным диполем. Исследование поведения диполей во внешнем поле заданной структуры аналитически и посредством вычислений.

Тема 5: Переменное электромагнитное поле.

Вопросы для обсуждения: Расчет напряженности электрического поля, электрической индукции, и поляризованности в диэлектриках. Расчет напряженности, индукции магнитного поля, и намагниченности в магнетиках.

Тема 6: Энергия электромагнитного поля.

Вопросы для обсуждения: Вычисление характеристик постоянного электрического тока. Применение закона Ома и правил Кирхгофа для расчета электрических цепей постоянного тока.

Тема 7: Переменный ток. Электрические колебания.

Вопросы для обсуждения: Расчет энергии и плотности энергии электрического и магнитного поля конкретных систем.

Тема 8: Электромагнитные волны.

Вопросы для обсуждения: Расчет установления и исчезновения тока в цепях с катушками индуктивности и конденсаторами. Вычисление работы электрического тока по зарядке конденсатора и накоплению энергии магнитного поля в катушке индуктивности.

Тема 9: Электронные явления.

Вопросы для обсуждения: Вычисление магнитного потока через поверхность, э.д.с. электромагнитной индукции (самоиндукции и взаимной индукции), и индукционного электрического тока.

Тема 10: Международная система единиц.

Вопросы для обсуждения: Расчет цепей гармонического тока на основе закона Ома и

правил Кирхгофа. Расчет резонанса токов и напряжений.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	Моделирование электростатических полей
2	Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	Влияние внутреннего сопротивления измерительных приборов на результаты измерений
3	Электрическое и магнитное поле в средах.	Исследование термоэлектродвижущей силы. Гистерезис в ферромагнетиках.
4	Электрический ток.	Зависимость характеристик полупроводниковых диодов от температуры. Измерение температуры.
5	Переменное электромагнитное поле.	Тензодатчики
6	Переменный ток. Электрические колебания.	Биполярный транзистор. Резонанс в электрическом колебательном контуре.
7	Электронные явления.	Баллистический метод измерения магнитного поля

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: электромагнитное взаимодействие и его роль в физике, основные свойства стационарных электрических полей в пустоте, основные свойства стационарных магнитных полей в пустоте, электрическое поле в средах, магнитное поле в средах, электрический ток, переменное электромагнитное поле, энергия электромагнитного поля, переменный ток, электрические колебания, электромагнитные волны, электронные явления, международная система единиц.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт электростатических полей, применение теоремы Гаусса, вычисление потенциала и разности потенциалов, задачи на конденсаторы, расчёт цепей постоянного тока, расчёт магнитных полей токов, расчёт сил Ампера и Лоренца, задачи на электромагнитную индукцию, расчёт цепей переменного тока, задачи на колебательные контуры, расчёт параметров электромагнитных волн, задачи на движение заряженных частиц в полях, перевод величин в СИ.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: расчёт напряжённости и потенциала электростатических полей, задачи на конденсаторы и энергию поля, задачи на разветвлённые цепи постоянного тока, расчёт индукции магнитного поля, задачи на силу Лоренца, задачи на электромагнитную индукцию, расчёт цепей переменного тока, задачи на колебания в контуре, определение

параметров электромагнитных волн, задачи на электронные явления, знание законов и определений, применение единиц СИ.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.	ОПК-1	Тестирование; решение задач
Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ

Электрическое и магнитное поле в средах.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Электрический ток.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Переменное электромагнитное поле.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Энергия электромагнитного поля.	ОПК-1	Тестирование; решение задач
Переменный ток. Электрические колебания.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Электромагнитные волны.	ОПК-1	Тестирование; решение задач
Электронные явления.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Международная система единиц.	ОПК-1	Тестирование; решение задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

К теме «Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике».

1. Удаленные друг от друга тела

- а) могут взаимодействовать друг с другом посредством поля;
- б) не могут взаимодействовать друг с другом;
- в) действие одного тела на другое может передаваться с бесконечно большой скоростью;
- г) среди вариантов ответов а) – в) верного нет.

2. Частицы с какими электрическими зарядами притягиваются?

- 1) с одноименными;
- 2) с разноименными;
- 3) любые заряженные частицы притягиваются;
- 4) любые заряженные частицы отталкиваются.

3. Как можно уменьшить отрицательный заряд электрона наполовину?

- 1) соединить электрон с незаряженной частицей, при этом половина заряда перейдет с электрона на эту частицу;
- 2) передать электрону половину положительного заряда протона;
- 3) снять половину заряда путем электризации протона;
- 4) заряд электрона нельзя ни увеличить, ни уменьшить.

4. Под стеклянный колпак вакуумного насоса помещены два тела, обладающие разноименными электрическими зарядами. Будут ли взаимодействовать эти тела электрическими силами, если из-под колпака полностью выкачать воздух?

- 1) будут взаимодействовать;
- 2) не будут взаимодействовать;
- 3) будут взаимодействовать с телами, находящимися вне колпака, но не будут взаимодействовать между собой;

5. Под стеклянный колпак вакуумного насоса помещено тело, обладающее электрическим зарядом. Будет ли существовать электрическое поле вокруг заряженного тела, если из-под колпака полностью выкачать воздух?

- 1) электрическое поле будет существовать и под колпаком, и вне его;
- 2) электрическое поле будет существовать под колпаком, но не будет существовать вне его;
- 3) не будет существовать под колпаком, а будет существовать вне его;
- 4) не будет существовать ни под колпаком, ни вне его.

6. Какие из названных ниже сил имеют электромагнитную природу?

- 1) только сила всемирного тяготения;
- 2) только сила упругости;
- 3) только сила трения;
- 4) силы упругости и тяготения;
- 5) силы упругости и трения.

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

1. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин. Какова должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же?
2. Два электрона в начальный момент времени находились на расстоянии 1 см друг от друга и начали двигаться под действием сил электростатического отталкивания. Какую скорость они будут иметь, когда расстояние между ними станет бесконечно большим? Какую скорость приобрели бы электроны, если бы их было три?
3. Два заряда распределены с одинаковой линейной плотностью λ на длине L параллельно и находятся на расстоянии D друг от друга. Найти силу взаимодействия между ними.
4. Электрон движется в вакууме в поле напряженностью 10 В/см, направленном вертикально вниз. Скорость электрона в нижней точке его траектории равна $2 \cdot 10^8$ см/с. а) Каков радиус кривизны траектории в этой точке? б) Где вблизи электрона напряженность поля равна нулю?
5. Круглая пластинка радиусом R равномерно заряжена электричеством с плотностью заряда σ . Определить напряженность поля в точке, лежащей на расстоянии h от пластинки на перпендикуляре к плоскости пластинки, проходящем через ее геометрический центр.

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Пример лабораторной работы «Моделирование электростатических полей»

Смоделировать электростатическое поле для заданной преподавателем конфигурации электродов (плоские пластины, точечный электрод и коаксиальный цилиндр, два точечных электрода) методом электролитической ванны или с использованием программного симулятора. Построить картину эквипотенциальных поверхностей (не менее четырех линий для долей потенциала $0,2U_0$, $0,4U_0$, $0,6U_0$, $0,8U_0$) и ортогональных им силовых линий. Для двух соседних эквипотенциалов определить минимальное расстояние между ними по

нормали и вычислить модуль напряжённости электрического поля в этой области. Сравнить полученную картину поля с теоретическим расчётом для данной конфигурации.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Электризация тел. Электрические заряды, их свойства и взаимодействие посредством электростатического поля.
2. Модель электростатики и пределы ее применимости. Дискретная и непрерывная модели распределения электрического заряда.
3. Закон Кулона и пределы его применимости. Системы единиц измерения. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции для электрического поля.
4. Работа по переносу заряда в электрическом поле. Потенциал, Разность потенциалов. Связь потенциала с напряженностью электрического поля.
5. Энергия электрического взаимодействия системы зарядов. Потенциальная энергия системы зарядов в электрическом поле.
6. Электрический диполь и его электрическое поле. Поведение диполя во внешнем электрическом поле.
7. Теорема Гаусса для электрического поля и ее применение для расчета электрических полей.
8. Основная задача электростатики. Уравнения Пуассона и Лапласа. Теорема Ирншоу.
9. Проводники в электрическом поле. Нарушение равновесия зарядов - электрический ток и его характеристики (сила и плотность тока, линии тока).
10. Закон сохранения электрического заряда. Уравнение непрерывности.
11. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление и проводимость проводников.
12. Условия равновесия зарядов на проводнике. Электрическая индукция. Электростатическое экранирование. Электрическое поле вблизи поверхности проводника.
13. Влияние диэлектрика на электрическое поле. Поляризация диэлектрика, ее механизмы. Объемные и поверхностные связанные заряды. Поляризованность диэлектрика.
14. Электрическое поле в диэлектрике. Связь электрической индукции с напряженностью поля и поляризованностью диэлектрика.
15. Условия на границе раздела двух диэлектриков.
16. Силы, действующие на диэлектрик в электрическом поле и на сторонние заряды в диэлектрике.
17. Элементарная теория поляризации полярных и неполярных диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость вещества.
18. Пьезоэлектрический эффект и его применения. Сегнетоэлектрики и их свойства.
19. Энергия заряженного проводника и конденсатора. Емкость. Энергия и плотность энергии электрического поля.
20. Источники тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Падение напряжения.
21. Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.
22. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
23. Магнитные явления. Магнитное поле. Магнитная индукция.
24. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле линейного тока, контура с током и объемного тока. Магнитное поле движущегося заряда.
25. Вихревой характер магнитного поля. Магнитный поток. Теорема Гаусса для магнитного поля.
26. Формула полного тока и ее применение для расчета магнитного поля тороида и соленоида.

27. Опыты Ампера. Закон Ампера. Контур с током в магнитном поле. Объемная плотность магнитной силы.
28. Магнитное взаимодействие двух параллельных проводов с током. Определение единицы измерения силы тока – Ампера.
29. Действие магнитного поля на движущиеся заряды. Сила Лоренца.
30. Механическая работа в магнитном поле.
31. Магнитный диполь. Сила и момент силы, действующие на диполь в магнитном поле. Магнитное поле контура с током и магнитного диполя.
32. Относительность магнитного поля. Опыты Роуланда и Эйхенвальда.
33. Намагничивание магнетиков. Напряженность магнитного поля и ее связь с индукцией магнитного поля и намагниченностью магнетика.
34. Условия на границе раздела двух магнетиков.
35. Магнитомеханические явления. Орбитальный и спиновый моменты электрона. Гиромантическое отношение. Опыты Эйнштейна и де Гааза. Опыты Барнетта. Магнитный момент ядра и атома в целом. Опыты Штерна и Герлаха. Квантование магнитных моментов атомов.
36. Виды магнетиков. Объяснение природы диамагнетизма и парамагнетизма вещества. Закон Кюри. Парамагнитный резонанс.
37. Объяснение природы ферромагнетизма вещества. Элементарная теория ферромагнетизма. Закон Кюри-Вейсса.
38. Свойства ферромагнетиков: кривая намагничивания и петля гистерезиса. Кривая магнитной проницаемости. Работа перемагничивания ферромагнетика.
39. Классификация ферромагнитных материалов. Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм. Ферромагнитный резонанс.
40. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Токи Фуко.
41. Явление самоиндукции. Коэффициент самоиндукции. Квазистационарные электрические токи. Установление и исчезновение электрического тока в цепи.
42. Явление взаимной индукции. Взаимная индуктивность. Трансформатор.
43. Собственная энергия тока и энергия магнитной связи двух токов. Энергия и плотность энергии магнитного поля.
44. Техническое применение магнитного потока: магнитные цепи, электрические генераторы и двигатели.
45. Цепи гармонического электрического тока. Закон Ома и правила Кирхгофа для переменного тока. Метод векторных диаграмм. Метод комплексных амплитуд.
46. Работа и мощность переменного тока. Действующие значения переменного тока и напряжения. Коэффициент мощности. Согласование источника тока с нагрузкой.
47. Резонансы в цепи переменного электрического тока – резонанс напряжений и резонанс токов. Резонансная кривая. Добротность колебательной системы.
48. Собственные электрические колебания. Частота собственных колебаний. Декремент затухания колебаний и его связь с добротностью.
49. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Полный ток и его непрерывность. Скин-эффект.
50. Электромагнитная теория Максвелла. Относительность электрического и магнитного поля. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения связи поля со средой.
51. Свободные электромагнитные волны: механизм распространения и свойства. Волновое уравнение и его решение. Стоячие волны. Вектор Пойнтинга. Давление электромагнитных волн.
52. Шкала электромагнитных волн, их экспериментальное исследование: опыты Герца, Лебедева, Попова. Принципы радиосвязи и локации. Излучение и поглощение электромагнитных волн.
53. Линии передачи для переменного тока. Двухпроводная линия. Телеграфные

- уравнения и их решение. Режимы работы и резонансные свойства двухпроводной линии.
54. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Определение заряда и массы электрона и ионов. Масс-спектрографы. Ускорители заряженных частиц.
55. Классическая теория электропроводности металлов. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца. Сверхпроводимость.
56. Электрический ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряд в газе. Их основные виды. Ионизационные камеры и счетчики.
57. Электропроводность жидкостей. Диссоциация. Электролиты. Законы электролиза и его применение.
58. Электрический ток в вакууме. Термоэлектронная эмиссия. Ламповый диод и триод, их применения. Закон трех вторых.
59. Электропроводность полупроводников. Элементы зонной теории полупроводников. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
60. Электрические явления на контактах. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество и его применения. Электронно-дырочные переходы в полупроводниках. Полупроводниковые диоды и триоды, их применения.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и	хорошо		71-85

	профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Александрова, Н. В. Физика. Электричество и магнетизм: методические рекомендации / Н. В. Александрова, В. А. Кузьмичева. – Москва: МГАВТ, 2017. – 68 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/945361>
2. Дубровский, В. Г. Электричество и магнетизм. Сборник задач и примеры их решения / В. Г. Дубровский, Г. В. Харламов. – Новосибирск: НГТУ, 2011. – 92 с. – ISBN 978-5-7782-1600-6. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/546026>

Дополнительная литература

1. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике: учебное пособие для студентов вузов / И. Е. Иродов. – 4-е изд., испр. – Москва; Санкт-Петербург: Физматлит, 2001. – 431 с. – (Всего экземпляров: 70 – учебный корпус (68), ч.з. № 3 (2)).
2. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике: учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2001. – 416 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Савельев, И. В. Курс общей физики: в 3 т.: учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. – 2-е изд., перераб. – Москва: Наука, 1987. – Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – 496 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типов, Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Перечень основного оборудования:

Маркерная доска.

Монитор Toshiba 86U380MEE/EC (86 дюймов 4K); персональный компьютер с параметрами - Intel Core I3-3220, 3.3 GHz, 4Gb RAM, 1 Tb HDD, 21,5", keyboard,. Mouse, LAN, Internet access.

Перечень используемого программного обеспечения:

Общесистемное программное обеспечение Microsoft Windows 7, Общесистемное программное обеспечение Microsoft Office Standart 2010

2.Лаборатория электричества и магнетизма

Перечень основного оборудования:

Лабораторная установка «Изучение электростатического поля»; лабораторная установка «Исследование магнитного поля в катушках Гельмгольца», лабораторная установка «Исследование резонанса в цепи переменного тока»; лабораторная установка «Изучение затухающих колебаний в колебательном контуре», лабораторная установка «Исследование магнитного поля Земли», лабораторная установка «Изучение свойств сегнетоэлектриков» ФПЭ-02м», лабораторная установка «Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона» ФПЭ-03м; лабораторная установка «Изучение магнитного поля соленоида переменной длины с помощью датчика Холла» ФПЭ-04м; лабораторная установка «Изучение явления взаимоиндукций» ФПЭ-05м; лабораторная установка «Ток в вакууме» ФПЭ-06м; лабораторная установка «Изучение Гистерезиса ферромагнитных материалов» ФПЭ-07м; лабораторная установка «Изучение процессов заряда и разряда конденсатора» ФПЭ-08м; лабораторная установка «Изучение связанных контуров» ФПЭ-13м; Лабораторная установка "Эффект Холла и его использование для измерения магнитных полей"

Персональный компьютер с параметрами - Intel Core I3-3220, 3.3 GHz, 4Gb RAM, 1 Tb HDD, 21,5", keyboard,. Mouse, LAN, Internet access

Перечень используемого программного обеспечения:

Общесистемное программное обеспечение Microsoft Windows 7, Общесистемное программное обеспечение Microsoft Office Standart 2010

3.Учебная лаборатория для самостоятельной работы, для работы над курсовыми и дипломными проектами

Перечень основного оборудования:

Маркерная доска

Рабочая станция Fujitsu CELSIUS W520 Intel Xeon CPU E3-1225 V2 3.2 GHz /8Gb DDR 500Gb HDD/KB+Mouse и Монитор 24" Dell U2412Mb – 6 шт.

LAN, Internet access

Перечень используемого программного обеспечения:

Общесистемное программное обеспечение Microsoft Windows 7, Общесистемное программное обеспечение Microsoft Office Standart 2010Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4.Наименование дисциплины: «Оптика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов целостной физической картины оптических явлений, развитие современного физического и логического мышления и способности применять теоретические модели и математический аппарат для решения научно-технических задач, навыков проведения экспериментальных исследований оптических процессов с учётом их технических приложений.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: фундаментальную базу теоретических знаний по оптике, составляющую часть общего физического образования, включая связь теории и методов оптики с другими дисциплинами, значение оптических методов для решения прикладных задач и роль оптических процессов в явлениях окружающего мира. Уметь: применять основные законы и методы оптики для решения прикладных задач. Владеть: навыками использования оптических и измерительных технических средств (в том числе спектральных, интерференционных, поляризационных приборов) для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Оптика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной

аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Фотометрия и геометрическая оптика	Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Сила света, световой поток, яркость, светимость, освещенность и световая экспозиция в двух системах единиц. Соотношение между энергетическими и фотометрическими характеристиками светового излучения. Понятие операционной системы. Основные функции операционных систем. Виды операционных систем. Семейства операционных систем. Приближение геометрической оптики. Линзы, зеркала, оптические системы. Построение оптических изображений. Оптические приборы.
2.	Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн	Описание электромагнитных волн, электромагнитная природа света. Плоская и сферическая электромагнитные волны, их представление в комплексной форме. Плотность потока энергии. Линейная поляризация. Суперпозиция линейно-поляризованных волн. Эллиптическая и круговая поляризация
3.	Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции	Понятие интерференции и ее виды. Интенсивность при суперпозиции двух монохроматических волн с одинаковой частотой. Когерентность. Способы получения когерентных волн. Интерференция, получаемая делением амплитуды и делением фронта волны. Временная и пространственная когерентность. Методы получения интерференции делением фронта волны. Интерференция в тонких пленках. Оптическая длина пути при прохождении света через тонкие пластинки. Интерференция на плоскопараллельной пластинке. Линии равного наклона. Интерференция на клине. Линии равной толщины. Кольца Ньютона.
4.	Дифракция света. Виды	Методы наблюдения дифракции света, условия

	дифракции. Дифракционная решетка	наблюдения. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Графическое сложение амплитуд. Зонные пластинки. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Области дифракции. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракция на крае прямоугольного полубесконечного экрана. Зоны Шустера. Спираль Корню. Дифракционная решетка. Устройство и изготовление дифракционных решеток. Схема дифракции. Методика наблюдения. Дифракционная решетка как оптический прибор.
5.	Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред	Отражение и преломление света на границе двух диэлектриков. Принцип Гюйгенса. Законы отражения и преломления. Полное внутреннее отражение. Глубина проникновения во вторую среду. Формулы Френеля для случая, когда вектор $\mathbf{E}$ лежит в плоскости падения. Формулы Френеля для случая, когда вектор $\mathbf{E}$ перпендикулярен плоскости падения. Коэффициенты отражения и преломления при нормальном падении. Поляризация при отражении. Степень поляризации. Закон Брюстера. Отражение от поверхности проводящих сред.
6.	Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света	Дисперсия света. Взаимодействие электромагнитной волны с веществом. Зависимость коэффициента преломления от частоты. Нормальная дисперсия. Аномальная дисперсия, область ее наблюдения. Физическая причина поглощения света при аномальной дисперсии. Поглощение и рассеяние света. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта. Спектры поглощения света веществом в различном агрегатном состоянии. Рассеяние света, типы рассеяния. Рассеяние Релея.
7.	Законы излучения абсолютно черного тела	Излучение абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Фотометрия и геометрическая оптика.

Вопросы для обсуждения: Фотометрия Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Приближение геометрической оптики. Линзы, зеркала, оптические системы.

Тема 2: Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: Плоская и сферическая электромагнитные волны. Линейная

поляризация. Суперпозиция линейно - поляризованных волн. Эллиптическая и круговая поляризация.

Тема 3: Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции.

Вопросы для обсуждения: Понятие интерференции и ее виды. Когерентность. Способы получения когерентных волн. Интерференция, получаемая делением амплитуды и делением фронта. Интерференция в тонких пленках. Линии равного наклона. Линии равной толщины. Кольца Ньютона.

Тема 4: Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.

Вопросы для обсуждения: Методы наблюдения дифракции света, условия наблюдения. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракция на крае прямоугольного полубесконечного экрана. Зоны Шустера. Спираль Корню.

Тема 5: Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред.

Вопросы для обсуждения: Отражение и преломление света на границе двух диэлектриков. Полное внутреннее отражение. Формулы Френеля. Коэффициенты отражения и преломления. Поляризация при отражении. Закон Брюстера. Отражение от поверхности проводящих сред.

Тема 6: Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие электромагнитной волны с веществом. Дисперсия света. Нормальная дисперсия. Аномальная дисперсия. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта. Рассеяние света, типы рассеяния. Рассеяние Релея.

Тема 7: Законы излучения абсолютно черного тела.

Вопросы для обсуждения: Излучение абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Фотометрия и геометрическая оптика.

Вопросы для обсуждения: энергетическая и фотометрическая системы единиц, приближение геометрической оптики, линзы и зеркала, ход лучей в оптических системах.

Тема 2: Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: свойства электромагнитных волн, виды поляризации (линейная, круговая, эллиптическая), способы получения поляризованного света, закон Малюса.

Тема 3: Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции.

Вопросы для обсуждения: условия когерентности и монохроматичности, интерференция в тонких плёнках, кольца Ньютона, интерферометры, применение интерференции.

Тема 4: Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.

Вопросы для обсуждения: принцип Гюйгенса-Френеля, дифракция Френеля и Фраунгофера, дифракционная решётка как спектральный прибор, угловая дисперсия и разрешающая способность.

Тема 5: Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред.

Вопросы для обсуждения: граничные условия для электромагнитных волн, коэффициенты отражения и пропускания, угол Брюстера, полное внутреннее отражение, отражение от металлов.

Тема 6: Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света.

Вопросы для обсуждения: нормальная и аномальная дисперсия, классическая электронная теория дисперсии, закон Бугера-Ламберта-Бера, релеевское рассеяние, эффект Вавилова-Черенкова.

Тема 7: Законы излучения абсолютно черного тела.

Вопросы для обсуждения: модель абсолютно чёрного тела, закон Кирхгофа, законы

Стефана–Больцмана и Вина, формула Планка, квантовый характер излучения.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Фотометрия и геометрическая оптика	Экспериментальное исследование светового поля источника видимого излучения. Определение фокусного расстояния собирающей и рассеивающей линз. Изучение зрительной трубы.
2	Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн	Изучение поляризации света. Определение длины световой волны квантового генератора с помощью эталона Фабри-Перо.
3	Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции.	Определение длины световой волны с помощью бипризмы Френеля и щелей Юнга. Определение радиуса кривизны линзы и длины световой волны с помощью колец Ньютона
4	Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.	Определение длины световой волны с помощью дифракции Френеля на круглом отверстии. Изучение дифракционной решетки и определение длины световой волны
5	Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред.	Исследование дисперсионных свойств стеклянной призмы в области видимого света
6	Законы излучения абсолютно черного тела	Исследование интегральной излучательной способности нагретых нечерных тел как функции температуры.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: фотометрия и геометрическая оптика, поляризация электромагнитных волн, интерференция света, дифракция света, отражение и преломление света, формулы Френеля, дисперсия света, поглощение и рассеяние света, законы излучения абсолютно чёрного тела.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт фотометрических величин, построение изображений в линзах и зеркалах, задачи на поляризацию света, расчёт интерференционных картин, задачи на дифракционную решётку, применение формул Френеля, задачи на дисперсию света, расчёт коэффициента поглощения, задачи на тепловое излучение.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: расчёт параметров линз и зеркал, определение свойств поляризованного света, типовые задачи на интерференцию, задачи на дифракционную решётку, применение

формул Френеля, задачи на дисперсию и рассеяние, задачи на законы излучения чёрного тела, знание основных определений и формул.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Фотометрия и геометрическая оптика	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Контрольная работа.
Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Тестирование.
Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Контрольная работа.

Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Контрольная работа.
Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред.	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Тестирование.
Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Тестирование.
Законы излучения абсолютно черного тела	ОПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест. Геометрическая оптика

I вариант.

1. Предмет расположен на двойном фокусном расстоянии от тонкой линзы. Его изображение будет

- 1) перевернутым и увеличенным
- 2) прямым и увеличенным
- 3) прямым и равным по размерам предмету
- 4) перевернутым и равным по размеру предмету

2. Предмет находится от собирающей линзы на расстоянии, большем фокусного, но меньшем двойного фокусного. Изображение предмета –

- 1) мнимое и находится между линзой и фокусом
- 2) действительное и находится между линзой и фокусом
- 3) действительное и находится между фокусом и двойным фокусом
- 4) действительное и находится за двойным фокусом

3. Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к фокусу линзы. Его изображение при этом

- 1) приближается к линзе
- 2) удаляется от фокуса линзы
- 3) приближается к фокусу линзы
- 4) приближается к $2F$

4. Человек с нормальным зрением рассматривает предмет невооруженным взглядом. На сетчатке глаза изображение предметов получается

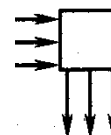
- 1) увеличенным прямым
- 2) увеличенным перевернутым
- 3) уменьшенным прямым
- 4) уменьшенным перевернутым

5. При фотографировании удаленного предмета фотоаппаратом, объектив которого – собирающая линза с фокусным расстоянием F , плоскость фотопленки, для получения резкого изображения, должна находиться от объектива на расстоянии,

- 1) большем, чем $2F$
- 2) равном $2F$
- 3) между F и $2F$
- 4) равном F

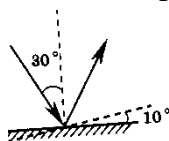
6. Пройдя через некоторую оптическую систему, параллельный пучок света поворачивается на 90° . Оптическая система действует как

- 1) собирающая линза
- 2) рассеивающая линза
- 3) плоское зеркало
- 4) матовая пластинка



7. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

- 1) 40° 2) 30°
3) 20° 4) 10°



II вариант.

1. На каком расстоянии от собирающей линзы нужно поместить предмет, чтобы его изображение было действительным?

- 1) больше, чем фокусное расстояние
2) меньше, чем фокусное расстояние
3) при любом расстоянии изображение будет действительным
4) при любом расстоянии изображение будет мнимым

2. Предмет расположен между собирающей линзой и ее фокусом. Изображение предмета

- 1) мнимое, перевернутое 2) действительное, перевернутое
3) действительное, прямое 4) мнимое, прямое

3. Предмет расположен на тройном фокусном расстоянии от тонкой линзы. Его изображение будет

- 1) перевернутым и увеличенным 2) прямым и уменьшенным
3) прямым и увеличенным 4) перевернутым и уменьшенным

4. Для получения четкого изображения на сетчатке глаза при переводе взгляда с удаленных предметов на близкие изменяется

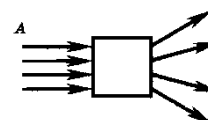
- 1) форма хрусталика 2) размер зрачка
3) форма глазного яблока 4) форма глазного дна

5. Хрусталик здорового глаза человека по форме похож на

- 1) двояковогнутую линзу 2) двояковыпуклую линзу
3) плосковогнутую линзу 4) плоскопараллельную пластину

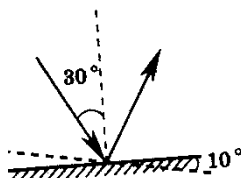
6. Оптический прибор, преобразующий параллельный световой пучок А в расходящийся пучок С, обозначен на рисунке квадратом. Этот прибор действует как

- 1) линза 2) прямоугольная призма
3) зеркало 4) плоско-параллельная пластина



7. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

- 1) 40°
2) 30°
3) 20°



Задания для опроса

К теме 1.

1. В чем заключается приближение геометрической оптики.
2. Что называется линзой?
3. Какие линзы бывают?
4. Что называется плоским зеркалом?
5. Что такое сферическое зеркало?
6. Какие бывают оптические системы?
7. Построение оптических изображений в зеркалах.
8. Построение оптических изображений в линзах.
9. Оптические приборы.
10. Энергетическая и фотометрическая системы единиц.
11. Что такое сила света?
12. Что такое световой поток?
13. Что такое яркость?
14. Что такое светимость?
15. Что такое освещенность?

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

К теме 1. Геометрическая оптика и фотометрия

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОВОГО ПОЛЯ ИСТОЧНИКА ВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель работы:

Экспериментальное исследование светового поля источника видимого излучения – лампы накаливания с плоской спиралью.

Устройство фотометрической головки

Фотометрическая головка устанавливается на одной из кареток между двумя источниками света, освещающими находящуюся в корпусе головки двустороннюю приемную белую матовую пластинку. Свет, отраженный поверхностями пластины, направляется призмами через фотометрический кубик в окулярную трубу головки. Оптическая схема фотометрической головки изображена на рис. 1.

В фотометрической головке применен кубик с контрастными полями. Через более темные участки поля на рисунке 1 слева, в данном случае, видна сторона приемной пластины, которая освещается исследуемой лампой. Вторая часть поля (светлая) соответствует эталонной лампе. При смещении каретки с фотометрической головкой яркость полей меняется. На пути света, проходящего через участки поля кубика в виде трапеций, помещены плоскопараллельные стеклянные пластины. Около 8% света теряется при отражении на этих пластинах. Вследствие этого при фотометрическом равновесии, когда яркость обеих сторон приемной пластины головки одинакова, видимое в окуляр поле имеет вид, изображенный на рис.1 справа, на фоне равномерной яркости видны две несколько более темные, чем фон, трапеции. Контрастные пластинки могут быть выведены

из поля зрения поворотом рукояток, и тогда, при световом равновесии, фотометрическое поле будет иметь вид круга равномерной яркости без всякого рисунка.

До проведения фотометрических измерений лаборантом проводится юстировка: все части установки (источник света, приемные пластины, экраны и пр.) располагаются на оптической оси скамьи. Для этой цели служат визирные сетки фотометрической головки. На время центровки приемную пластину вынимают из корпуса головки, а визирными сетками закрывают с обеих сторон образовавшееся при этом в корпусе головки сквозное отверстие. Производится юстировка системы, после чего, для фотометрирования визирные сетки до измерений должны быть отодвинуты в сторону. Нарушать юстировку запрещено.

Во избежание ошибки, возникающей вследствие различных потерь света, проходящего через оптическую систему головки двумя различными путями, каждое измерение следует производить при двух положениях фотометрической головки. При исходном положении головки получают значения r_1 и r_2 , а, развернув ее вокруг горизонтальной оси на 180° , получают значения r_1' и r_2' . В этом случае, в качестве расстояний r_1 и r_2 , берут их среднегеометрические величины, и расчетная формула приобретает вид:

$$I_2 = \frac{r_2 r_2'}{r_1 r_1'}$$

Необходимые приборы и принадлежности

1. Фотометрическая скамья, состоящая из двух направляющих труб длиной более трех метров, установленных параллельно друг другу. На одной из труб нанесена шкала от 0 до 3 м (для определения расстояния между установленными на скамье приспособлениями). Цена деления шкалы 1 мм.
2. Фотометр (фотометрическая головка), укрепленный на передвижной каретке.
3. Эталонная электрическая лампа, укрепленная на передвижной каретке (закреплена).
4. Испытуемая лампа, укрепленная в держателе, установленном на подвижной каретке, которая также закреплена. Держатель с лимбом (гониометр) предназначен для вращения испытуемой лампы вокруг вертикальной оси. Цена деления лимба 1° . Для удобства отсчета лимб изготовлен из прозрачного материала и имеет подсветку, включаемую на момент отсчета кнопочным включателем.

Измерения. Установите исследуемую лампу в положение, соответствующее нулю гониометра, и, перемещая фотометр вдоль скамьи, добейтесь одинаковой освещенности обеих частей фотометрического поля. Отсчитайте положение фотометра по шкале на скамье и найдите расстояния r_1 и r_2 .

Повернув фотометрическую головку вокруг горизонтальной оси на 180° , вновь уравняйте освещенности и найдите значения r_1' и r_2' .

Выполните те же измерения и вычисления при повороте исследуемой лампы на 15° , 30° , 45° и т.д. до 360° .

Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

где r_1 и r_1' – расстояние до эталонной лампы;

r_2 и r_2' – расстояние до исследуемой лампы

Таблица

№ п/п	Угол поворота гониометра φ	Расстояние от фотометра до ламп	Расстояние до ламп после поворота фотометра на 180°	$I_2 = \frac{r_2 r_2'}{r_1 r_1'}$

		r_1	r_2	r_1'	r_2'	

Вычертите в полярных координатах кривую (индикатрису) распределения силы света исследуемого источника.

Контрольные вопросы:

1. Какие системы световых единиц существуют. Почему они необходимы?
2. Как связан световой поток и мощность источника света?
3. Дайте определение освещенности.
4. Дайте определение силы света.
5. Дайте определение яркости.
6. В чем заключается принцип фотометрии?
7. Нарисуйте устройство фотометрической головки.
8. Нарисуйте кривую чувствительности глаза от длин волн.
9. Чему равен механический эквивалент света и для чего он нужен

Содержание отчёта:

1. Название работы, цель
2. Законспектированные теоретические сведения по исследуемому вопросу.
3. Таблицы и графики снятых зависимостей;
4. Выводы о результатах проведенных экспериментов.
5. Ответы на контрольные вопросы.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Оптический диапазон электромагнитных волн. Электромагнитная природа света.
2. Фотометрия. Энергетические и фотометрические единицы.
3. Фотометрия. Соотношение между энергетическими и фотометрическими единицами.
4. Приближение геометрической оптики..
5. Плоские и сферические зеркала. Тонкие линзы.
6. Оптические приборы. Ход лучей, увеличение.
7. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны.
8. Суперпозиция электромагнитных волн.
9. Поляризация электромагнитных волн. Виды поляризации.
10. Стоячие волны. Опыты Винера.
11. Плотность потока энергии и импульса для электромагнитной волны.
12. Амплитудная модуляция. Модуляция частоты и фазы.
13. Волновой пакет образованный двумя волнами. Фазовая и групповая скорости в световом пучке.
14. Суперпозиция колебаний с эквидистантными частотами.
15. Интерференция, ее виды. Суперпозиция двух монохроматических волн с одинаковой частотой.
16. Способы получения когерентных волн.
17. Двулучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды.
18. Двулучевая интерференция, осуществляемая делением фронта волны.
(на примере очень узких щелей Юнга).
19. Схемы получения интерференции методом деления фронта волны.
20. Многолучевая интерференция, получаемая делением амплитуды волны

- (на примере интерферометра Фабри-Перо). Зависимость видности картины от коэффициента отражения зеркальных поверхностей.
21. Интерферометр Фабри-Перо. Разрешающая способность интерферометра.
 22. Интерференция в тонких пленках. Плоскопараллельная пластинка. Линии равного наклона.
 23. Интерференция в тонких пленках. Линии равной толщины. Кольца Ньютона.
 24. Дифракция. Условия наблюдения. Принцип Гюйгенса-Френеля.
 25. Метод зон Френеля. Графическое сложение амплитуд. Зонные пластинки.
 26. Дифракция Френеля на круглом отверстии.
 27. Дифракция на крае прямоугольного полубесконечного экрана. Спираль Корню.
 28. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера.
 29. Дифракция Фраунгофера на одной щели.
 30. Дифракционная решетка. Схема наблюдения дифракции. Вид дифракционной картины в монохроматическом свете.
 31. Дифракционная решетка, ее параметры. Дифракционная решетка как спектральный прибор.
 32. Отражение и преломление света на границе двух диэлектриков.
 33. Явление полного внутреннего отражения.
 34. Законы отражения и преломления. Коэффициенты отражения и пропускания.
 35. Формулы Френеля
 36. Соотношение между фазами при отражении и преломлении. Закон Брюстера.
 37. Отражение от поверхности проводящих сред. Скин-слой. Коэффициент поглощения.
 38. Дисперсия света. Классическая модель дисперсии.
 39. Нормальная и аномальная дисперсия. Область аномальной дисперсии.
 40. Рассеяние света. Виды рассеяния. Рассеяние Релея.
 41. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта.
 42. Излучение абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина.
 43. Излучение абсолютно черного тела. Классический подход. Формула Релея-Джинса.
 44. Формула Планка. Вывод по Эйнштейну.
 45. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.
 46. Принцип работы оптического квантового генератора.
 47. Условия создания инверсной заселенности уровней. Условие генерации лазера.
 48. Виды лазерного излучения. Типы лазеров.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно	отлично	зачтено	86-100

		принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Ландсберг, Г. С. Оптика: учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. – 7-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017. – 852 с. – ISBN 978-5-9221-1742-5. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/122352>

2. Маскевич, А. А. Оптика: учебное пособие / А. А. Маскевич. – Москва: НИЦ Инфра-М; Минск: Новое знание, 2012. – 656 с.: ил. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-16-005678-4. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/306513>

Дополнительная литература

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т. / Д. В. Сивухин. – 3-е изд., стереотип. – Москва: Физматлит, 2005. – Т. 4: Оптика. – 792 с.
2. Чертов, А. Г. Задачник по физике: учебное пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – Москва: Физматлит, 2007. – 640 с.
3. Корнев, К. П. Оптика. Физический практикум: методическое пособие / К. П. Корнев, В. А. Пахотин, В. А. Бессонов [и др.]. – Калининград: Издательство РГУ им. И. Канта, 2006. – 119 с.
4. Матвеев, А. Н. Оптика: учебник / А. Н. Матвеев. – Москва: ОНИКС 21 век: Мир и образование, 2005. – 368 с.
5. Савельев, И. В. Курс общей физики: в 5 кн. / И. В. Савельев. – Москва: Астрель: АСТ, 2006. – Кн. 4: Волны. Оптика. – 256 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные

аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

1. Наименование дисциплины: «Атомная и ядерная физика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов целостной физической картины мира на основе квантово-механических представлений о строении атома и ядра, раскрытие взаимосвязи микро- и макроявлений, а также овладение понятийным и математическим аппаратом для аналитического и численного моделирования атомных и ядерных процессов, позволяющим прогнозировать свойства материалов и функционирование физико-технических устройств на микроуровне.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: систему понятий, фундаментальные законы и модели атомной и ядерной физики, описывающие строение и свойства атомных и ядерных систем; методы теоретического описания и количественной оценки физических характеристик веществ и материалов на основе атомистики и квантово-механических представлений. Уметь: применять знания атомной и ядерной физики для решения профессиональных задач; объяснять явления окружающего мира и свойства материалов, исходя из атомного и ядерного уровней организации вещества. Владеть: базовыми методами анализа атомных и ядерных процессов с использованием понятийного и математического аппарата квантовой физики, включая элементы стандартной модели элементарных частиц (для ядерных явлений); навыками численной и аналитической оценки характеристик атомных систем и ядерных взаимодействий применительно к фундаментальным и прикладным задачам.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Атомная и ядерная физика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Корпускулярные свойства света.	Постоянная Планка. Энергия, импульс, масса фотона. Внешний и внутренний фотоэффект. Эффект Доплера. Давление света. Поляризация фотонов. Интерференция фотонов.
2.	Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.	Ядерная модель атома. Спектральные закономерности. Постулаты Бора. Экспериментальные подтверждения постулатов Бора. Круговые стационарные орбиты. Энергетическая диаграмма атома водорода. Изотопический эффект.
3.	Корпускулярно-волновой дуализм материи.	Дуализм частиц вещества. Волна де Бройля. Опыты по дифракции микрочастиц. Волновая функция микрочастицы. Принцип суперпозиции. Статистическая интерпретация волновой функции. Расплывание пакета из волн де-Бройля. Принцип неопределенностей. Примеры использования для оценки физических характеристик атома.
4.	Уравнение Шредингера.	Принцип микропричинности. Динамическое уравнение Шредингера. Волновая функция

		стационарного состояния. Стандартные граничные условия. Свободная частица, гармонический осциллятор. Потенциальная яма. Гармонический осциллятор. Потенциальная ступенька, потенциальные барьеры. Туннельный эффект. Примеры: альфа-распад ядер, холодная эмиссия, автоионизация атомов, эффект Джозефсона, сканирующий туннельный микроскоп.
5.	Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.	Понятие об операторной формулировке квантовой механики. Оператор момента импульса. Спин электрона. Квантование орбитального и спинового момента импульса частицы. Опыты Штерна и Герлаха. Сложение квантовых моментов. Терм атома.
6.	Квантовая теория атома водорода.	Угловая и радиальная волновые функции электрона в центральном поле. Квантовые числа электрона. Электронные облака стационарных состояний атома водорода.
7.	Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.	Адиабатическое приближение. Снятие вырождения по орбитальному квантовому числу. Правила отбора при дипольных переходах. Спектры щелочных атомов. Релятивистские взаимодействия в атомах. Формула тонкой структуры. Спин-орбитальное взаимодействие. Принцип Паули. Таблица Д.И. Менделеева
8.	Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.	Магнитный момент атома в приближении L-S связи. Энергия взаимодействия атома с магнитным и электрическим полем. Магнитный резонанс, эффект Зеемана, эффект Пашена – Бака, эффект Штарка.
9.	Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	Обменная энергия. Химическая связь. Энергетические уровни молекул и твердых тел. Принцип Больцмана. Распределения Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака. Конденсация Бозе – Эйнштейна. Квазичастицы. Сверхпроводимость.
10.	Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.	Стандартная модель элементарных частиц. Кварки. Классификация кварков. Взаимодействие кварков. Частицы и античастицы. Лептоны. Закон сохранения лептонного числа. Адроны. Барионы. Закон сохранения барионного числа. Мезоны. Понятие о теории «Великого объединения». Электрослабое взаимодействие.
11.	Ядра атомов и их основные физические характеристики	Размер ядра и атома. Нуклоны. Заряд, энергии связи электронов и нуклонов. Масса протона и нейтрона. Дефект массы. Стабильность нуклонов и ядер. Барионное число. Строение нуклонов. Кварки. Глюоны. Партоны. Свойства и обменный характер ядерных сил. Пи-мезоны.
12.	Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц	Спин и магнитный момент ядер. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Квадрупольный электрический момент ядра. Ядерный

		квадрупольный резонанс (ЯКР).
13.	Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.	Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Деление и синтез ядер. Естественная и искусственная радиоактивность ядер. Продукты распада. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Нарушение четности при слабых взаимодействиях. Гамма-излучение возбужденных радиоактивных ядер.
14.	Взаимодействие ядерных излучений с веществом.	Ионизационные потери энергии заряженных частиц. Радиационные потери энергии заряженных частиц. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Взаимодействие нейтронов с веществом. Взаимодействие нейтрино с веществом.
15.	Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.	Радиоактивные семейства (ряды). Радиоизотопный анализ. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Корпускулярные свойства света.

Вопросы для обсуждения: Внутренний фотоэффект. Поляризация фотонов. Интерференция фотонов.

Тема 2: Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.

Вопросы для обсуждения: Ядерная модель атома. Эллиптические стационарные орбиты.

Тема 3: Корпускулярно-волновой дуализм материи.

Вопросы для обсуждения: Опыты по дифракции микрочастиц. Расплывание пакета из волн де-Бройля. Использование соотношений неопределенностей для оценки физических характеристик квантовых систем.

Тема 4: Уравнение Шредингера.

Вопросы для обсуждения: Туннельный эффект. Автоионизация атомов, эффект Джозефсона, сканирующий туннельный микроскоп.

Тема 5: Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.

Вопросы для обсуждения: Квантование орбитального и спинового момента импульса частицы. Опыты Штерна и Герлаха.

Тема 6: Квантовая теория атома водорода.

Вопросы для обсуждения: Электронные облака стационарных состояний атома водорода.

Тема 7: Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.

Вопросы для обсуждения: Правила отбора при дипольных переходах. Спин-орбитальное взаимодействие. Принцип тождественности одинаковых микрочастиц.

Тема 8: Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.

Вопросы для обсуждения: Магнитный момент многоэлектронного атома. Приложения магнитных резонансов в науке и технике.

Тема 9: Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

Вопросы для обсуждения: Обменная энергия. Конденсация Бозе – Эйнштейна. Квазичастицы. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Тема 10: Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.

Вопросы для обсуждения: Классификация кварков. Взаимодействие кварков. Глюоны. Партоны. Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц. Теория «Великого объединения». Суперструны.

Тема 11: Ядра атомов и их основные физические характеристики

Вопросы для обсуждения: Барионное число. Стабильность нуклонов и ядер. Свойства и обменный характер ядерных сил. Пи-мезоны.

Тема 12: Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц

Вопросы для обсуждения:

Тема 13: Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.

Вопросы для обсуждения: Деление ядер. Синтез ядер.

Тема 14: Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие нейтронов и нейтрино с веществом.

Тема 15: Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

Вопросы для обсуждения: Радиоактивные семейства (ряды). Радиоизотопный анализ.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Корпускулярные свойства света.

Вопросы для обсуждения: Изучение фотоэффекта, эффекта Комптона

Тема 2: Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.

Вопросы для обсуждения: Комбинационный принцип. Расчет энергии и длин волн фотонов при квантовых переходах.

Тема 3: Корпускулярно-волновой дуализм материи.

Вопросы для обсуждения: Изучение дифракции микрочастиц. Волны материи.

Тема 4: Уравнение Шредингера.

Вопросы для обсуждения: Расчет энергии и волновой функции частицы в потенциальной яме.

Тема 5: Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.

Вопросы для обсуждения: Сложение квантовых моментов.

Тема 6: Квантовая теория атома водорода.

Вопросы для обсуждения: Изучение водородоподобных атомов.

Тема 7: Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.

Вопросы для обсуждения: Вычисление магнитного момента атома. Изучение магнитного резонанса и эффекта Зеемана.

Тема 9: Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.

Вопросы для обсуждения:

Тема 11: Ядра атомов и их основные физические характеристики

Вопросы для обсуждения:

Тема 12: Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц

Вопросы для обсуждения:

Тема 13: Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.

Вопросы для обсуждения: Законы сохранения в физике ядра и элементарных частиц.

Ядерные реакции. Закон радиоактивного распада. Альфа и бета - распады

Тема 14: Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Тема 15: Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

Вопросы для обсуждения: Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Корпускулярные свойства света.	Фотоэффект. Изучение законов сохранения в микромире
2.	Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.	Изучение энергетических зон твердого тела, квантовой природы контактной разности потенциалов полупроводниковых контактов. Опыт Франка и Герца. Определение резонансного потенциала аргона. Изучение спектра атома водорода. Определение постоянной Ридберга.
3.	Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.	Спектр натрия. Изучение снятия вырождения по орбитальному квантовому числу. Спектр ртути. Изучение оптических спектров сложных атомов.
4.	Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.	Изучение магнитного резонанса в ферромагнетике.
5.	Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	Изучение спектра и квантовых переходов в молекуле йода. Вычисление параметра ангармонизма.
6.	Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.	Изучение космического излучения с помощью счётчика Гейгера – Мюллера.
7.	Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц	Изучение законов движения заряженных частиц в магнитном поле. Определение заряда электрона. Изучение метода регистрации ионизирующих частиц по их трекам в камере Вильсона.
8.	Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных	Оценка интенсивностей бета- и альфа-излучений.

	реакциях.	
9.	Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.	Статистическая обработка экспериментальных данных. Метод моментов. Оценка величины радиационного фона лаборатории. Изучение методов проектирования статистических моделей радиационного фона. Метод гистограмм. Критерий Хи-квадрат.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: корпускулярно-волновой дуализм, уравнение Шредингера, квантование момента импульса, атом водорода, многоэлектронные атомы, эффекты Зеемана и Штарка, квантовые статистики, стандартная модель элементарных частиц, свойства атомных ядер, радиоактивность и ядерные реакции, дозиметрия.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: фотоэффект, эффект Комптона, теория Бора, длина волны де Бройля, соотношения неопределённостей, частица в потенциальной яме, туннельный эффект, операторы момента импульса, энергетические уровни атома водорода, заполнение электронных оболочек, эффект Зеемана, уровень Ферми, энергия связи ядра, закон радиоактивного распада, энергетический выход ядерных реакций, пробег частиц в веществе, активность и дозы
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: дуализм и уравнение Шредингера, квантование момента и атом водорода, многоэлектронные атомы и эффекты в полях, квантовые статистики и стандартная модель, свойства ядер и радиоактивный распад, ядерные реакции и взаимодействие излучений, дозиметрия и радиационная безопасность.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций,

командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Корпускулярные свойства света.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Корпускулярно-волновой дуализм материи.	ОПК-1	Решение задач, тестирование
Уравнение Шредингера.	ОПК-1	Решение задач, тестирование
Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.	ОПК-1	Тестирование
Квантовая теория атома водорода.	ОПК-1	Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики.	ОПК-1	Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.

Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.		
Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.	ОПК-1	Тестирование
Ядра атомов и их основные физические характеристики	ОПК-1	Решение задач, тестирование
Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование
Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование
Взаимодействие ядерных излучений с веществом.	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование
Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

По теме 1. Корпускулярные свойства света.

Вопрос теста	Варианты ответов
Частота красного света в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Импульс фотона красного света по отношению к импульсу фотона фиолетового света	1. меньше в 4 раза; 2. больше в 2 раза 3. меньше в 2 раза 4. больше в 4 раза
Монохроматический свет длиной волны $\lambda=500$ нм и интенсивностью $I=100$ Вт/м ² падает по нормали на плоскую поверхность металлического катода. Сколько фотоэлектронов выбивается с фотокатода за время $t = 1$ с, если его площадь $S = 5$ см ² и в среднем каждый десятый фотон выбивает один фотоэлектрон?	1) $6,3 \cdot 10^{16}$ 2) $1,3 \cdot 10^{16}$ 3) $6,3 \cdot 10^{20}$ 4) $1,3 \cdot 10^{21}$
Рассчитайте максимальную скорость электронов, выбиваемых из металла светом длиной волны 300 нм, если работа выхода равна $3 \cdot 10^{-19}$ Дж.	1) $1,2 \cdot 10^6$ м/с 2) $3 \cdot 10^8$ м/с 3) 890 м/с 4) $0,89 \cdot 10^6$ м/с

По теме 14. Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Вопрос теста	Варианты ответов

Какая из перечисленных далее частиц наиболее слабо взаимодействует с атомами, попадая в вещество?	1. Нейтрон 2. Альфа-частица 3. Протон 4. Электрон
По каким параметрам трека в камере Вильсона отличают альфа и бета частицы?	1. Толщина 2. Длина 3. Яркость 4. Неоднородность следа
Средний пробег альфа частицы в веществе с массовым числом A , пропорционален?	1. A 2. A^{-1} 3. $A^{2/3}$ 4. $A^{1/3}$

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

Раздел 2. Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора

1. Определите длину волны фотонов, способных ионизировать атом водорода.
2. Газ атомарного водорода освещают ультрафиолетом с длиной волны 100 нм. Определите длины волн спектральных линий в возникшем свечении газа.
3. Пучок электронов с энергией 13 эВ проходит через газ атомарного водорода. Определите длины волн спектральных линий, излучаемых газом.

Раздел 5. Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

- Определить возраст древних деревянных предметов, у которых удельная активность ^{14}C составляет $3/5$ удельной активности этого же нуклида в только что срубленных деревьях.
- Найти максимальный угол, на который может отклониться альфа частица при упругом соударении со свободным электроном.
- Оценить пробег альфа частицы в свинце, если её пробег в алюминии равен 17мкм.

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Тема 6. Квантовая теория атома водорода.

Лабораторная работа	Цель лабораторной работы	Задачи лабораторной работы
Спектр водорода	Изучение количественных свойств спектра атома водорода	Оценка постоянной Ридберга и постоянной Планка

Тема 7. Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц

Лабораторная работа	Цель лабораторной работы	Задачи лабораторной работы
Магнитный резонанс	Изучение кантовых переходов внутри зеемановского мультиплета.	Оценка величины магнитного момента электрона
Статистические закономерности в ядерной физике.	Изучение метода гистограмм.	Построение статистической модели флуктуаций радиационного фона в лаборатории. Оценка достоверности модели по критерию Хи - квадрат.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Строение атомов и ядер. Характерные масштабы масс, размеров, энергий связи для частиц входящих в состав атомов и ядер.
2. Закономерности в атомных спектрах. Комбинационный принцип, обобщенная формула Бальмера, терм атома водорода.
3. Квазиклассическая теория атома по Бору - Зоммерфельду. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Физический смысл терма атома. Энергетическая диаграмма и спектральные переходы в атоме водорода. Принцип соответствия. Стационарные орбиты. Правила квазиклассического квантования по Бору-Зоммерфельду. Расчет постоянной Ридберга на примере круговых стационарных орбит. Изотопический сдвиг спектральных линий.
4. Свойства фотонов. Гипотезы Планка и Эйнштейна. Энергия и импульс фотона. Фотоэффект, фотосоппротивление, фото ЭДС, эффект Комптона, давление света.
5. Волновые свойства частиц. Волна де-Бройля, фазовая и групповая скорости. Дисперсия волн де-Бройля. Опыты по дифракции элементарных частиц, атомов, молекул.
6. Корпускулярно-волновой дуализм материи. Основные свойства волновой функции: принцип суперпозиции, статистическая интерпретация, условие нормировки.
7. Уравнение Шредингера. Нестационарное уравнение Шредингера. Волновая функция стационарного состояния. Стационарное уравнение Шредингера. Стандартные граничные условия (СГУ) и энергетический спектр квантовой системы. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в потенциальной яме. Теорема о нулях волновой функции. Гармонический осциллятор. Энергия и амплитуда нулевых колебаний. Потенциальная ступенька. Надбарьерное отражение. Потенциальный барьер. Туннельный эффект, примеры его проявления (α - распад ядер, холодная эмиссия, автоионизация атома, эффект Джозефсона).
8. Квантование момента импульса. Орбитальный и спиновый момент импульса, правила квантования. Опыты Штерна и Герлаха. Сложение двух квантовых моментов. Приближения J-J и L-S связи. Символический терм атома.
9. Квантовая теория атома водорода. Радиальная и угловая волновые функции. Квантовые числа электрона в атоме, их физический смысл. Электронные облака основного и возбуждённого состояний атома водорода.
10. Основы квантовой физики многоэлектронных атомов. Снятие вырождения по орбитальному квантовому числу. Спектры атомов щелочных металлов. Поправка Ридберга, её квантовомеханический расчёт. Тонкая структура спектральных линий и энергетических уровней атома. Спин-орбитальное взаимодействие. Постоянная тонкой структуры. Принцип Паули. Электронная конфигурация атома. Периодическая система Менделеева.
11. Атом в магнитных и электрических полях. Магнитный момент атома. Эффекты Зеемана, Пашена и Бака. Магнитный резонанс. Эффект Штарка, понятие об электрическом резонансе.
12. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли.
13. Элементы квантовой физики молекул и твердых тел. Энергетические уровни молекул. Особенности спектров молекул. Объяснение возникновения кантов. Зонные модели диэлектриков, полупроводников, металлов. Количественные характеристики энергетических зон в твердом теле. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

Примеры макроскопических квантовых явлений. Сверхпроводимость. Конденсация Бозе – Эйнштейна.

14. Размер ядра и атома. Нуклоны. Заряд, энергии связи электронов и нуклонов.
15. Масса протона и нейтрона. Дефект массы. Удельная энергия связи как функция атомного числа.
16. Закон сохранения барионного числа. Асимметрия барионного заряда.
17. Стабильность нуклонов и ядер. Долина стабильности.
18. Спин и магнитный момент ядер. Ядерный g-фактор.
19. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Частоты.
20. Свойства и обменный характер ядерных сил. Пи-мезоны. Потенциал Юкавы.
21. Строение нуклонов. Кварки. Глюоны. Партоны.
22. Квадрупольный электрический момент ядра. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР).
23. Закон радиоактивного распада. Активность источника. Беккерель.
24. Альфа-распад. Основные свойства. Квантовая теория.
25. Бета-распад. Основные свойства. Бета – спектр.
26. Нарушение четности при слабых взаимодействиях.
27. Гамма-излучение возбужденных радиоактивных ядер. Проникающая способность.
28. Радиоактивные семейства (ряды). Радон и его свойства.
29. Механизмы потери энергии тяжелых заряженных частиц. Пробег альфа-частиц в веществе.
30. Механизмы потери энергии легких заряженных частиц. Пробег бета-частиц в веществе.
31. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Линейный коэффициент ослабления как функция энергии.
32. Взаимодействие нейтронов с веществом. Тепловые, медленные и быстрые нейтроны. Нейтронография.
33. Ионизационные детекторы ядерных излучений. Счетчик Гейгера – Мюллера. Полупроводниковые детекторы.
34. Детектирование ядерных излучений. Камера Вильсона.
35. Детектирование ядерных излучений. Счетчик Вавилова – Черенкова.
36. Характеристики поля радиоактивного излучения. Флюэнс, плотность потока части и энергии.
37. Дозовые единицы радиоактивного облучения. Поглощенная доза (грей, рад). Мощность дозы. Экспозиционная доза (Рентген).
38. Действие различных видов излучения на человека. Коэффициент качества излучения. Эквивалентная доза (зиверт, бэр).
39. Законы сохранения в ядерных реакциях.
40. Ядерная энергетика. Деление ядер. Синтез ядер.
41. Стандартная модель элементарных частиц. Кварки. Классификация кварков. Взаимодействие кварков. Суперструны.
42. Бозон Хиггса.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)

		сформированности)			
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Капуткин Д. Е., Пташинский В. В., Рахштадт Ю. А. Физика: Оптика. Атомная и ядерная физика. Ч. 3: учебное пособие / под ред. Ю. А. Рахштадта. – Москва: Изд. Дом МИСиС, 2014. – 103 с. – ISBN 978-5-87623-742-2. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1226922>
2. Общая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебно-методическое пособие для бакалавров направления подготовки 03.03.02 «Физика» (профиль «Физика конденсированного состояния вещества») и 44.03.01 «Педагогическое образование» (профиль «Физическое образование») / Н. И. Анисимова, Ю. А. Гороховатский, Е. А. Карулина [и др.]; под общ. ред. проф. Ю. А. Гороховатского. – Санкт-Петербург: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2018. – 183 с. – ISBN 978-5-8064-2540-0. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1172117>

Дополнительная литература

1. Милантьев В. П. Атомная физика: учебник и практикум для академического бакалавриата. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2019. – 415 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00405-2. – Текст: электронный. – URL: <https://urait.ru/bcode/434649>
2. Трофимова Т. И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов. – 7-е изд., стереотип. – Москва: Высшая школа, 2003. – 542 с. – ISBN 5-06-003634-0.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика: учебное пособие для физических специальностей вузов. – Москва: Высшая школа, 1989. – 439 с. – ISBN 5-06-00056-7.
4. Иродов И. Е. Задачи по квантовой физике: учебное пособие для вузов. – 3-е изд. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 214 с. – ISBN 978-5-9963-0283-3.
5. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика: учебное пособие для вузов. Ч. 2: Ядерная физика. – Москва: Наука, 1989. – 416 с.
6. Ишханов Б. С., Капитонов И. М., Юдин Н. П. Частицы и атомные ядра: учебник для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2013. – 582 с. – (Классический университетский учебник).
7. Пец А. В. Введение в ядерную физику: учебное пособие для вузов. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. – 101 с.
8. Иродов И. Е., Савельев И. В., Замша О. И. Сборник задач по общей физике: для втузов / под ред. И. В. Савельева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Наука, 1975. – 319 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Аудитория 226 «Лаборатория атомной физики, физики атомного ядра и элементарных частиц». Основное материально-техническое обеспечение лаборатории:

- Персональные компьютеры и ноутбуки с программным обеспечением необходимым для проведения экспериментов и обработки физических величин;
- Лабораторная установка по детектированию и изучению движения заряженных частиц в магнитном поле;
- Камера Вильсона;
- Лабораторная установка по измерению контактной разности потенциалов;
- Спектральные источники излучения (водород, ртуть, натрий, ...);
- Лабораторная установка по изучению магнитного резонанса;
- Лабораторная установка по изучению потенциалов возбуждения атомов аргона;
- Лабораторная установка по изучению спектра водорода;
- Лабораторная установка по определению поправки Ридберга щелочных атомов;
- Лабораторная установка по определению постоянной тонкой структуры по спектру натрия;
- Цифровые спектрометры EnSpectr (2 экз.), с образовательной версией программного обеспечения;
- Лабораторная установка по изучению космического излучения с помощью счетчика Гейгера-Мюллера;
- Камера Вильсона;
- Лабораторная установка по изучению законов фотоэффекта;
- Компаратор по обработке фотографий атомных и молекулярных спектров;
- Призмный универсальный спектрометр УМ1.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и

промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Наименование дисциплины: «Квантовая теория».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний о строении материи и принципиальном единстве закономерностей микро- и макромира на основе аппарата квантовой теории, а также развитие способности применять этот аппарат для описания состояний квантовых объектов и интерпретации экспериментальных данных.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные постулаты квантовой механики, способы отображения в абстрактном пространстве состояний квантовых систем и их интерпретацию, математический аппарат и основные уравнения квантовой теории. Уметь: решать типовые задачи квантовой теории, объяснять строение и свойства квантовых систем. Владеть: навыками описания динамики и свойств простейших квантовых систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовая теория» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные

занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные понятия квантовой теории.	Гипотезы Планка, Бора, Эйнштейна, де Бройля. Волновая функция и принцип суперпозиции. Вероятностная интерпретация волновой функции. Собственные значения и собственные функции операторов. Дискретный и непрерывный спектры. Свойства собственных векторов, их полнота. Разложение векторов состояний по системе собственных векторов наблюдаемой. Нормировка собственных векторов в случаях дискретного и непрерывного спектров. Средние значения физических величин. Принцип неопределенностей. Каноническое преобразование. Принцип суперпозиции и представление динамических состояний векторами гильбертова пространства.
2.	Эволюция состояний квантовых систем.	Оператор Гамильтона. Нерелятивистское приближение. Уравнение Шредингера, уравнение неразрывности, плотность вероятности, стационарные состояния. Квантовое уравнение движения Гейзенберга. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы движения, их связь с симметрией систем. Представления Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия. Чистый ансамбль, чистое состояние. Смешанный ансамбль, смешанные состояния, статистический оператор, матрица плотности. Средние значения физических величин для смешанного ансамбля. Уравнение Неймана.
3.	Точно решаемые задачи квантовой теории.	Задача о гармоническом осцилляторе. Вторичное квантование, операторы рождения и уничтожения бозонов. Теория углового момента. Общие закономерности движения частицы в центрально-симметричном поле. Теория атома водорода.
4.	Спин.	Опыты Штерна и Герлаха, гипотеза Гаудсмита и Уленбека. Спин электрона, оператор спина, спиновые функции. Матрицы Паули, уравнение Паули. Спин-гамильтониан.
5.	Приближённые методы квантовой теории.	Квазиклассическое приближение. Метод ВКБ. Теория возмущений. Вариационный принцип для энергии и уравнения Эйлера. Прямой вариационный метод Ритца. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы под действием возмущения. Полуклассический подход в теории взаимодействия излучения с веществом. Поглощение и индуцированное излучение. Дипольное приближение. Правила отбора. Мультипольные переходы. Квантование электромагнитного поля.

6.	Системы многих частиц.	Принцип тождественности частиц. Оператор Гамильтона системы тождественных частиц, его инвариантность относительно перестановок частиц. Операторы и волновые функции многоэлектронных систем, принцип антисимметрии. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь в молекуле водорода.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные понятия квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Вероятностная интерпретация волновой функции. Основы квантовой теории измерений. Собственные значения и собственные функции операторов. Средние значения физических величин. Соотношение неопределенностей. Каноническое преобразование. Принцип суперпозиции и представление динамических состояний векторами гильбертова пространства.

Тема 2: Эволюция состояний квантовых систем.

Вопросы для обсуждения: Уравнение Шредингера, уравнение неразрывности, плотность вероятности, стационарные состояния. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы движения, их связь с симметрией систем. Представления Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия. Чистый ансамбль, чистое состояние. Смешанный ансамбль, смешанные состояния, статистический оператор, матрица плотности. Уравнение Неймана.

Тема 3: Точно решаемые задачи квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Задача о гармоническом осцилляторе. Общие закономерности движения частицы в центрально-симметричном поле. Теория атома водорода.

Тема 4: Спин.

Вопросы для обсуждения: Опыты Штерна и Герлаха по измерению магнитного момента атома. Спин электрона, оператор спина электрона, спиновые функции, матрицы

Тема 5: Приближённые методы квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Квазиклассическое приближение. Метод ВКБ. Стационарная теория возмущений. Вариационный принцип для энергии и уравнения Эйлера. Прямой вариационный метод Рунца. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы под действием возмущения. Взаимодействие излучения с веществом. Квантование электромагнитного поля.

Тема 6: Системы многих частиц

Вопросы для обсуждения: Операторы и волновые функции многоэлектронных систем, принцип антисимметрии. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь в молекуле водорода. Метод Гайтлера-Лондона.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия квантовой теории

Вопросы для обсуждения: Математический аппарат квантовой теории.

Тема 2: Эволюция состояний квантовых систем

Вопросы для обсуждения: Уравнение Шрёдингера, стационарные состояния. Интегралы

движения, законы сохранения.

Тема 3: Точно решаемые задачи квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Частица в прямоугольном потенциальном ящике. Гармонический осциллятор. Атом водорода.

Тема 4: Спин.

Вопросы для обсуждения: Спиновая поляризация. Фильтр Штерна-Герлаха. Сфера Блоха.

Тема 5: Приближённые методы квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Квазиклассическое приближение. Стационарная теория возмущений простого спектра. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения. Вариационный принцип для энергии. Прямой вариационный метод Рунца.

Тема 6: Системы многих частиц.

Вопросы для обсуждения: Принцип антисимметрии.

Построение многоэлектронных волновых функций.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Уравнение Шредингера, уравнение неразрывности, плотность вероятности, стационарные состояния. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы движения, их связь с симметрией систем. Представления Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия. Чистый ансамбль, чистое состояние. Смешанный ансамбль, смешанные состояния, статистический оператор, матрица плотности. Уравнение Неймана. Стационарная теория возмущений. Вариационный принцип для энергии и уравнения Эйлера. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы под действием возмущения. Операторы и волновые функции многоэлектронных систем, принцип антисимметрии.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт волновой функции в бесконечной потенциальной яме, нахождение энергетического спектра гармонического осциллятора, вычисление коэффициента прохождения через барьер, определение среднего значения оператора в заданном состоянии, применение матриц Паули к спиновым состояниям, расчёт поправок стационарной теорией возмущений, вычисление вероятности перехода по золотому правилу Ферми, построение волнового пакета для свободной частицы, нахождение коммутаторов операторов, решение радиального уравнения для водородоподобного атома, оценка энергии основного состояния вариационным методом, расчёт тока вероятности.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: постулаты квантовой механики, стационарное уравнение Шредингера, временная эволюция состояний, гармонический осциллятор, туннельный эффект, частица в центральном поле, спин $\frac{1}{2}$ и матрицы Паули, принцип неопределённости, операторы физических величин, стационарная и нестационарная теория возмущений, вариационный метод, принцип тождественности частиц, принцип Паули, системы многих частиц, сложение моментов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории,

формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные понятия квантовой теории.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Эволюция состояний квантовых систем.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Точно решаемые задачи квантовой теории.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Спин.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Приближённые методы квантовой теории.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Системы многих частиц.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

По теме 1. Основные понятия квантовой теории.

1. Время жизни электрона в метастабильном состоянии $\sim 10^{-3}$ с. Какой будет ширина метастабильного уровня (в эВ), если учесть, что постоянная Планка $\hbar = 6,6 \times 10^{-16}$ эВ $\times$ с ?

$6,6 \times 10^{-19}$
$6,6 \times 10^{-13}$
$1,5 \times 10^{-13}$
$1,5 \times 10^{-19}$

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

7. Рассмотреть следующие операторы:

- 1) Отражения (инверсии) $\hat{I}$: $\hat{I}\psi(x) \equiv \psi(-x)$;
- 2) Сдвига $\hat{T}_a$: $\hat{T}_a\psi(x) \equiv \psi(x + a)$;
- 3) Изменения масштаба $\hat{M}_c$: $\hat{M}_c\psi(x) \equiv \sqrt{c}\psi(cx), c > 0$;
- 4) Комплексного сопряжения $\hat{K}$: $\hat{K}\psi(x) \equiv \psi^*(x)$;
- 5) Перестановки координат двух частиц $\hat{P}_{12}$:
 $\hat{P}_{12}\psi(x_1, x_2) \equiv \psi(x_2, x_1)$.

Являются ли эти операторы линейными? Найти вид операторов,

которые по отношению к ним являются:

- а) эрмитово сопряженными;
- б) обратными.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым понятиям. Гипотезы Планка, Бора, де Бройля.
2. Линейные, эрмитовы, унитарные операторы. Квантовомеханическое толкование собственных значений и собственных функций операторов.
3. Операторы координаты, импульса, энергии.
4. Условие одновременной измеримости физических величин. Оператор момента импульса.

5. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния.
6. Статистическое толкование волновой функции. Средние значения физических величин.
7. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы уравнений движения.
8. Соотношение неопределенностей для физических величин.
9. Каноническое преобразование.
10. Представление Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия.
11. Принцип суперпозиции и представление динамических состояний векторами гильбертова пространства.
12. Статистический оператор, матрица плотности.
13. Уравнение Неймана.
14. Задача о линейном гармоническом осцилляторе.
15. Операторы рождения и уничтожения для гармонического осциллятора.
16. Спектр и собственные функции оператора момента импульса.
17. Общие закономерности движения частицы в центрально-симметричном поле.
18. Атом водорода в нерелятивистском приближении.
19. Уравнение Шредингера для заряженной нерелятивистской частицы в электромагнитном поле.
20. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.
21. Уравнение Паули. Спиновые функции.
22. Квазиклассическое приближение. Метод Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна.
23. Стационарная теория возмущений.
24. Вариационный принцип для энергии.
25. Нестационарная теория возмущений.
26. Квантовые переходы под действием возмущений.
27. Полуклассическая теория излучения.
28. Квантование электромагнитного поля.
29. Операторы и волновые функции многоэлектронных систем.
30. Химическая связь в молекуле водорода. Метод Гайтлера-Лондона.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу	отлично	зачтено	86-100

		теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского. – 6-е изд., испр. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 800 с. – ISBN 978-5-9221-0530-9. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223529>
2. Делоне, Н. Б. Квантовая физика / Н. Б. Делоне. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 88 с. – (Библиотека физико-математической литературы для школьников и студентов). – ISBN 5-9221-0459-4. – Текст: электронный. – URL:

Дополнительная литература

1. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики / Д. И. Блохинцев. – Москва: Наука, 2005. – 664 с.
2. Галицкий, В. М. Задачи по квантовой механике / В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. – Москва: Наука, 2006. – 879 с.
3. Давыдов, А. С. Квантовая механика / А. С. Давыдов. – Москва: Наука, 2006. – 748 с.
4. Ландау, Л. Д. Квантовая механика: нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва: Наука, 2008. – 702 с.
5. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики / Б. В. Медведев. – Москва: Наука, 2007. – 496 с.
6. Мессиа, А. Квантовая механика: в 2 т. / А. Мессиа. – Москва: Наука, 2008. – Т. 1. – 478 с. ; Т. 2. – 583 с.
7. Таннуджи, К. Квантовая механика: в 2 т. / К. Таннуджи, Б. Диу, Ф. Лалоз. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2000. – Т. 1. – 941 с.; Т. 2. – 800 с.
8. Флюгге, З. Задачи по квантовой механике: в 2 т. / З. Флюгге. – Москва: Высшая школа, 2002. – Т. 1. – 341 с.; Т. 2. – 315 с.
9. Фок, В. А. Начала квантовой механики / В. А. Фок. – Москва: Наука, 2006. – 307 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий

лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Наименование дисциплины: «Электродинамика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системного понимания классической теории электромагнитного поля как одной из фундаментальных форм материи и готовности к практическому применению её основных приложений..

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: базовые знания в области электродинамики; место электродинамики в системе теоретической физики, границы применимости классической электродинамики, понимать связь электродинамики с другими дисциплинами, сущность научного метода. Уметь: использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые теоретические знания электродинамики; использовать при изучении электродинамики знания, полученные в курсах общей физики, высшей математики и классической механики. Владеть: математическим и понятийным аппаратом электродинамики в объеме, необходимом для понимания лекционного материала и решения задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электродинамика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла	Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике. Плотность тока и магнитное поле. Закон Био-Савара. Сила Лоренца и формула Ампера. Сохранение электрического заряда и уравнение непрерывности. Уравнения магнитостатики. Векторный потенциал. Граничные условия. Магнитный момент. Энергия и силы в магнитном поле. Коэффициенты индуктивности. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия и поток энергии электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Электромагнитные волны.
2.	Специальная теория относительности и релятивистская кинематика	Свойства пространства-времени и интервал. Преобразования Лоренца. Псевдоевклидова геометрия. Энергия и импульс. Кинематические задачи.
3.	Вариационные принципы в электродинамике	Взаимодействие заряженных частиц с электромагнитным полем. Уравнения движения релятивистской частицы. Преобразования напряженностей электромагнитного поля. Динамика орбитальных и спиновых магнитных моментов. Четырехмерная формулировка электродинамики.
4.	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Функция Грина волнового уравнения. Запаздывающие потенциалы. Спектральный состав излучения. Электромагнитное поле движущейся заряженной частицы. Потеря энергии и импульса заряженной частицей. Спектральное распределение излучения нерелятивистских частиц. Излучение при столкновениях частиц. Взаимодействие заряженной частицы с собственным электромагнитным полем. Сила радиационного торможения в релятивистском случае. Рассеяние электромагнитных волн частицами.
5.	Элементы электродинамики сплошных сред	Усреднение уравнений Максвелла в среде, поляризация и намагниченность среды, векторы индукции и напряженностей полей. Граничные условия. Электростатика проводников и диэлектриков. Электрические и магнитные свойства вещества. Квазистационарное электромагнитное поле.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла

Вопросы для обсуждения: Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике. Плотность тока и магнитное поле. Закон Био-Савара. Сила Лоренца и формула Ампера. Сохранение электрического заряда и уравнение непрерывности. Уравнения магнитостатики. Векторный потенциал. Граничные условия. Магнитный момент. Энергия и силы в магнитном поле. Коэффициенты индуктивности. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия и поток энергии электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Электромагнитные волны.

Тема 2: Специальная теория относительности и релятивистская кинематика.

Вопросы для обсуждения: Свойства пространства-времени и интервал. Преобразования Лоренца. Псевдоевклидова геометрия. Энергия и импульс. Кинематические задачи.

Тема 3: Вариационные принципы в электродинамике.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие заряженных частиц с электромагнитным полем. Уравнения движения релятивистской частицы. Преобразования напряженностей электромагнитного поля. Динамика орбитальных и спиновых магнитных моментов. Четырехмерная формулировка электродинамики.

Тема 4: Излучение и рассеяние электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: Функция Грина волнового уравнения. Запаздывающие потенциалы. Спектральный состав излучения. Электромагнитное поле движущейся заряженной частицы. Потеря энергии и импульса заряженной частицей. Спектральное распределение излучения нерелятивистских частиц. Излучение при столкновениях частиц. Взаимодействие заряженной частицы с собственным электромагнитным полем. Сила радиационного торможения в релятивистском случае. Рассеяние электромагнитных волн частицами.

Тема 5: Элементы электродинамики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Усреднение уравнений Максвелла в среде, поляризация и намагниченность среды, векторы индукции и напряженностей полей. Граничные условия. Электростатика проводников и диэлектриков. Электрические и магнитные свойства вещества. Квазистационарное электромагнитное поле.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла

Вопросы для обсуждения: Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике. Плотность тока и магнитное поле. Сохранение электрического заряда и уравнение непрерывности. Магнитный момент. Энергия и силы в магнитном поле. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия и поток энергии электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Электромагнитные волны.

Тема 2: Специальная теория относительности и релятивистская кинематика.

Вопросы для обсуждения: Свойства пространства-времени и интервал. Преобразования Лоренца. Псевдоевклидова геометрия. Энергия и импульс. Кинематические задачи.

Тема 3: Вариационные принципы в электродинамике.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие заряженных частиц с электромагнитным полем. Уравнения движения релятивистской частицы. Четырехмерная формулировка электродинамики. Тензор электромагнитного поля. Преобразования напряженностей электромагнитного поля. Динамика орбитальных и спиновых магнитных моментов.

Тема 4: Излучение и рассеяние электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: Функция Грина волнового уравнения. Запаздывающие потенциалы. Спектральный состав излучения. Электромагнитное поле движущейся заряженной частицы. Потеря энергии и импульса заряженной частицей. Спектральное распределение излучения частиц. Излучение при столкновениях частиц. Взаимодействие заряженной частицы с собственным электромагнитным полем. Сила радиационного торможения в релятивистском случае. Рассеяние электромагнитных волн частицами.

Тема 5: Элементы электродинамики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Электростатика проводников и диэлектриков. Электрические и магнитные свойства вещества. Квазистационарное электромагнитное поле.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: физический смысл векторов электромагнитного поля (E , D , B , H), плотности заряда и тока, интегральная и дифференциальная формы уравнений Максвелла, граничные условия для полей, закон сохранения электрического заряда, постулаты специальной теории относительности, преобразования Лоренца для координат, времени и скоростей, собственное время, интервал, принцип причинности, принцип наименьшего действия, действие для электромагнитного поля, поле излучающей системы, дипольное излучение, функция Грина волнового уравнения, ближняя и дальняя зоны излучения, рассеяние электромагнитных волн на свободных и связанных зарядах, материальные уравнения сплошных сред, классификация, граничные условия на поверхности раздела сред, дисперсия электромагнитных волн в среде, тензор диэлектрической проницаемости.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт статических и динамических полей по заданным источникам, применение теорем Гаусса и Стокса к уравнениям Максвелла, вывод волновых уравнений для полей, решение краевых задач на границах раздела сред, применение преобразований Лоренца для решения задач на относительность одновременности, сокращение длины, замедление времени
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Воспроизведение уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме, формулировка законов Фарадея, Ампера–Максвелла, Гаусса для электрического и магнитного полей, решение типовых задач на нахождение полей с симметричными конфигурациями зарядов и токов, преобразования Лоренца и релятивистский закон сложения скоростей.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю

уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла	ОПК-1	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
Специальная теория относительности и релятивистская кинематика	ОПК-1	Решение типовых задач
Вариационные принципы в электродинамике	ОПК-1	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
Излучение и рассеяние электромагнитных волн	ОПК-1	Решение типовых задач
Элементы электродинамики сплошных сред	ОПК-1	Решение типовых задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задачи по темам практических занятий

К теме 1. Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла.

Разделы темы: Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике.

- Бесконечная плоская плита толщиной a равномерно заряжена по объему с плотностью ρ . Найти потенциал φ и напряженность E электрического поля.

Решение: применим теорему Гаусса. Систему координат выберем так, что плоскость XY рассекает плиту пополам. Для нахождения поля в точке на расстоянии z от плоскости XY окружим плиту параллелепипедом, располагающимся симметрично относительно плоскости XY так, что точка с координатой z лежит на верхней или нижней грани этого параллелепипеда. Из соображений симметрии очевидно, что поле направлено перпендикулярно грани и имеет одинаковую величину во всех точках. Тогда по теореме Гаусса имеем:

$$\oint_S \mathbf{E} d\mathbf{S} = 4\pi \iiint_V \rho dV$$

Учитывая, что поток вектора напряженности по боковым граням равен нулю, поле нормально по отношению к верхней и нижней граням, получим, что левая часть теоремы Гаусса равна $2ES$. Значение правой зависит от того, находится ли точка внутри плиты или вне ее. Если точка находится вне плиты, то правая часть – это весь заряд плиты, т.е. $4\pi\rho aS$, если внутри, то $4\pi\rho|z|S$. Для напряженности получаем:

$$\mathbf{E} = \begin{cases} 2\pi a \rho \operatorname{sgn}(z) \mathbf{k}, & |z| > a, \\ 2\pi z \rho \mathbf{k}, & |z| < a. \end{cases}$$

Потенциал можно найти как $\varphi = \int E dr$. Используя условие непрерывности потенциала на границе между плитой и пространством (при $z=a/2$), можно найти, что

$$\varphi = \begin{cases} 2\pi a |z| \rho, & |z| > a, \\ \pi z^2 \rho + \frac{3}{4} \pi a^2 \rho, & |z| < a. \end{cases}$$

Здесь на потенциал наложено условие, что при $z=0$ $\varphi=0$ (возможно иное условие, тогда ответ отличается на постоянную).

- Плоскость $z=0$ заряжена с плотностью, меняющейся по периодическому закону $\sigma = \sigma_0 \sin \alpha x \sin \beta y$. Найти потенциал этой системы зарядов.

Решение. Используем уравнение Лапласа для потенциала

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0.$$

Т.к. заряд распределен по поверхности, то граничное условие на величину скачка производной потенциала по нормали к поверхности имеет вид:

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right|_{z=0+\varepsilon} - \left. \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right|_{z=0-\varepsilon} = -4\pi\sigma = -4\pi\sigma_0 \sin \alpha x \sin \beta y.$$

Чтобы удовлетворить граничным условиям, будем искать решение уравнения Лапласа в виде:

$$\varphi = F(z) \sin \alpha x \sin \beta y.$$

Подстановка в уравнение Лапласа после деления на общий множитель дает уравнение для $F(z)$:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial z^2} = k^2 F, k = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}.$$

Учитывая, что потенциал по смыслу должен убывать с расстоянием от z , найдем, что

$$F = \begin{cases} C \exp(-kz), & z > 0, \\ C \exp(kz), & z < 0. \end{cases}$$

Наконец, постоянная C найдется из граничного условия:

$$C = \frac{2\pi\sigma_0}{k}.$$

1. Найти потенциал и напряженность E электрического поля сферы радиуса R , равномерно заряженной по поверхности. Заряд сферы q .
2. Внутри шара радиуса R , равномерно заряженного по объему с плотностью ρ , имеется незаряженная шарообразная полость, радиус которой R_1 , а центр отстоит от центра шара на расстояние a ($a+R_1 < R$). Найти электрическое поле E в полости.
3. Пространство между двумя концентрическими сферами, радиусы которых R_1 и R_2 , заряжено с объемной плотностью $\rho = a/r^2$. Найти полный заряд q , потенциал и напряженности электрического поля.
4. Найти энергию электростатического поля W для распределений зарядов, указанных в задачах 3,4,5. Провести вычисления двумя способами.
5. Плоскости двух тонких коаксиальных равномерно заряженных колец одинакового радиуса R находятся на расстоянии a друг от друга. Работа, которую надо совершить, чтобы перенести точечный заряд q из бесконечности в центр каждого из колец, равна соответственно A_1 и A_2 . Найти заряды на кольцах q_1 и q_2 .
6. Тонкое круглое кольцо радиуса R состоит из двух равномерно и противоположно заряженных полуколец с зарядами q и $-q$. Найти потенциал и напряженность электрического поля на оси кольца и вблизи нее.
7. Выразить потенциал равномерно заряженного круглого тонкого кольца с зарядом q и радиусом R через полный эллиптический интеграл первого рода.
8. Найти потенциал электрического поля на больших расстояниях от следующих систем зарядов: а) заряды q , $-2q$, q расположены по оси z на расстоянии a друг от друга (линейный квадруполь); б) заряды $\pm q$ расположены в вершинах квадрата со стороной a так, что соседние заряды имеют разные знаки, причем в начале координат находится заряд $+q$, а стороны квадрата параллельны осям x и y (плоский квадруполь).

Примерные варианты для аудиторной контрольной работы.

К теме 1. Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла.

1. Заряд распределен в пространстве по периодическому закону $\rho = \rho_0 \cos \alpha x \cos \beta y \cos \gamma z$, образуя бесконечную пространственную периодическую решетку. Найти потенциал φ электрического поля.
2. Бесконечно длинный круговой цилиндр радиуса R равномерно заряжен по объему или по поверхности так, что на единицу его длины приходится заряд λ . Найти потенциал и напряженность электрического поля.
3. Прямолинейная, бесконечно длинная полоса имеет ширину a . Вдоль

полосы течет ток J , равномерно распределенный по ее ширине. Найти магнитное поле. Проверить результат, рассмотрев предельный случай поля на больших расстояниях.

4. Определить магнитное поле H на оси соленоида с густой намоткой, имеющего форму цилиндра. Высота цилиндра h , радиус a , число витков на единицу длины n , сила тока J .

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Преобразования Лоренца
2. Четырехмерные векторы
3. Принцип наименьшего действия в релятивистской механике
4. Четырехмерный потенциал поля
5. Калибровочная инвариантность
6. Постоянное электромагнитное поле
7. Движение в постоянном однородном электрическом поле
8. Движение в постоянном однородном магнитном поле
9. Движение заряда в постоянных однородных электрическом и магнитном полях
10. Тензор электромагнитного поля
11. Преобразования Лоренца для поля
12. Первая пара уравнений Максвелла
13. Действие для электромагнитного поля
14. Вторая пара уравнений Максвелла
15. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности
16. Плотность и поток энергии
17. Тензор энергии-импульса
18. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля
19. Закон Кулона. Электростатическая энергия взаимодействия зарядов
20. Поле равномерно движущегося заряда
21. Дипольный момент. Квадрупольный момент
22. Система зарядов во внешнем поле
23. Постоянное магнитное поле. Закон Био-Савара
24. Магнитный момент
25. Волновое уравнение. Плоские волны
26. Монохроматическая плоская волна
27. Спектральное разложение
28. Частично поляризованный свет
29. Запаздывающие потенциалы
30. Потенциалы Лиенара-Вихерта
31. Дипольное излучение
32. Квадрупольное и магнитно-дипольное излучение
33. Излучение быстро движущегося заряда
34. Магнито-тормозное излучение
35. Торможение излучением
36. Электростатическое поле проводников
37. Методы решения электростатических задач
38. Электростатическое поле в диэлектриках
39. Диэлектрическая проницаемость
40. Плотность тока и проводимость
41. Постоянное магнитное поле. Намагниченность
42. Магнитное поле постоянных токов

43. Энергия системы токов
44. Самоиндукция линейных проводников
45. Ферромагнетик вблизи точки Кюри
46. Кривая намагниченности ферромагнетиков
47. Магнитные свойства сверхпроводников
48. Сверхпроводящий ток
49. Уравнения квазистационарного поля
50. Глубина проникновения магнитного поля в проводник
51. Скин-эффект
52. Комплексное сопротивление.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных	хорошо		71-85

	большей степени самостоятельности и инициативы	теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Будагян, И. Ф. Электродинамика: учебное пособие / И. Ф. Будагян, В. Ф. Дубровин, А. С. Сигов. — Москва: Альфа-М : ИНФРА-М, 2019. — 304 с. — (Магистратура). — ISBN 978-5-98281-329-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010105>

Дополнительная литература

1. Кондратьев, Е. Ф. Лекции по электромагнетизму: краткий курс: в 2 ч. Ч. 1 / Е. Ф. Кондратьев ; Калинингр. гос. ун-т. — Калининград : КГУ, 1998. — 89 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

1. Наименование дисциплины: «Термодинамика и статистическая физика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов современного представления о статистическом и термодинамическом (феноменологическом) описании свойств равновесных и неравновесных макроскопических систем из большого числа частиц путём освоения основ классической статистической физики равновесных систем, термодинамического описания равновесных состояний и квазистатистических процессов, свойств необратимых процессов приближения к термодинамическому равновесию, условий равновесия и устойчивости термодинамических систем, характеристик флуктуаций в равновесных системах, а также основ квантовой статистики.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные определения, понятия, общие теоремы и принципы термодинамики и статистической физики для анализа различных систем с большим числом частиц, а также методы термодинамики и статистической физики для анализа и решения различных физических задач, связанных с термодинамическими системами. Уметь: применять методы, теоремы и принципы термодинамики и статистической физики для решения теоретических и прикладных задач, включая быстрый прикидочный расчёт термодинамических систем; Владеть: инструментарием для статистического описания систем и термодинамических процессов; методами расчетов описания динамики термодинамических систем и описания физических процессов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные понятия и исходные положения термодинамики	Термодинамические системы, параметры и равновесие. Исходные положения термодинамики и их обсуждение. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия системы. Работа и теплота. Термические и калорическое уравнения состояния
2.	Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики	Уравнение первого начала термодинамики. Теплоемкости и теплоты изотермического изменения внешних параметров. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Связь модулей упругости с теплоемкостями
3.	Второе начало термодинамики	Общая характеристика и исходная формулировка второго начала термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатной недостижимости и второе начало для равновесных процессов. Энтропия и термодинамическая температура. Математическое обоснование существования энтропии и термодинамической температуры. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики. Цикл Карно и теоремы Карно. Самопроизвольный переход теплоты. Пределы применимости второго начала термодинамики. Направление времени.
4.	Третье начало термодинамики	Формулировка третьего начала термодинамики. Некоторые следствия третьего начала термодинамики

5.	Методы термодинамики	Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов Уравнение Гиббса—Гельмгольца. Термодинамические потенциалы идеального газа. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц.
6.	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле Шателье — Брауна.
7.	Термодинамика различных физических систем	Термодинамика гальванических и топливных элементов. Определение химического сродства. Охлаждение газа при необратимом и обратимом адиабатных расширениях. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Равновесие гомогенной системы. Равновесие гетерогенной системы. Термодинамика излучения. Термодинамика плазмы
8.	Фазовые переходы и критические явления	Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона — Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Термодинамика сверхпроводящего перехода. Критические и закритические явления. Термодинамическая теория критических индексов
9.	Предмет, метод и методология статистической физики	Предмет и метод статистической физики. К вопросу возникновения и развития. Молекулярно-кинетической теории материи. Место статистической физики в раскрытии материалистической картины мира. Феноменологические и молекулярно-кинетические теории. Модельность в статистической физике. Классическая и квантовая модели вещества
10.	Основные представления классической статистической физики	Невозможность последовательного механического описания физических систем многих частиц. Макроскопическое и микроскопическое описание системы в термодинамическом равновесии. Изображение системы в фазовом пространстве Элемент фазового объема. Вероятность нахождения системы в фазовом пространстве. Теорема о сохранении фазового объема (Теорема Лиувилля) Макроскопические величины как фазовые средние.
11.	Стационарные функции распределения	Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Свойства канонического распределения. Физический смысл параметров канонического распределения. Энтропия и ее связь с вероятностью состояния. Распределение Максвелла — Больцмана. Большое каноническое распределение Гиббса.
12.	Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.	Смешанный квантовый ансамбль. Статистический оператор, матрица плотности, свойства матрицы плотности. Уравнение Лиувилля - Неймана.
13.	Распределение Ферми и Бозе	Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные Ферми- и Бозе-газы. Ферми- и бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа. Слабые поля. Магнетизм электронного газа. Сильные поля. Релятивистский вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ.

		Черное излучение.
14.	Флуктуации	Распределение Гаусса. Распределение Гаусса для нескольких величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Формула Пуассона. Флуктуации в растворах.
15.	Кинетическое уравнение Больцмана	Общий вид кинетического уравнения. Интеграл столкновений. Использование принципа детального равновесия. Следствия из уравнения Больцмана. Равновесное распределение молекул по скоростям. H — теорема Больцмана. Приближение времени релаксации.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные понятия и исходные положения термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Термодинамическая система и её параметры. Термодинамическое равновесие. Гомогенные и гетерогенные системы. Понятия фазы и компонента. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия как функция состояния. Работа и теплота как формы передачи энергии.

Тема 2: Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Математическая формулировка первого начала термодинамики. Теплоёмкость при постоянном объёме и при постоянном давлении. Теплота изотермического изменения внешних параметров.

Тема 3: Второе начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатной недостижимости. Энтропия как функция состояния. Термодинамическая температура. Математическое обоснование существования энтропии и температуры. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния.

Тема 4: Третье начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Формулировка третьего начала. Невозможность достижения абсолютного нуля температур. Поведение энтропии, теплоёмкостей и коэффициента теплового расширения при низких температурах.

Тема 5: Методы термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы. Уравнение Гиббса–Гельмгольца. Термодинамические потенциалы идеального газа. Термодинамические потенциалы сложных систем. Системы с переменным числом частиц и химический потенциал.

Тема 6: Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем.

Вопросы для обсуждения: Общие условия термодинамического равновесия. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле Шателье–Брауна.

Тема 7: Термодинамика различных физических систем.

Вопросы для обсуждения: Термодинамика гальванических и топливных элементов. Понятие химического сродства. Охлаждение газа при необратимом и обратимом адиабатном расширении. Термодинамика диэлектриков. Термодинамика магнетиков. Равновесие гомогенной и гетерогенной систем. Термодинамика излучения. Термодинамика

плазмы.

Тема 8: Фазовые переходы и критические явления.

Вопросы для обсуждения: Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода и уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода и уравнения Эренфеста. Термодинамика сверхпроводящего перехода. Критические и закритические явления. Термодинамическая теория критических индексов.

Тема 9: Предмет, метод и методология статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Предмет и метод статистической физики. Феноменологические и молекулярно-кинетические теории. Модельность в статистической физике. Классическая и квантовая модели вещества.

Тема 10: Основные представления классической статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Макроскопическое и микроскопическое описание системы в равновесии. Фазовое пространство. Элемент фазового объёма. Вероятность нахождения системы в фазовом пространстве. Теорема Лиувилля. Макроскопические величины как фазовые средние.

Тема 11: Стационарные функции распределения.

Вопросы для обсуждения: Микроканоническое распределение Гиббса. Каноническое распределение Гиббса и физический смысл его параметров. Энтропия и её связь с вероятностью состояния. Распределение Максвелла–Больцмана. Большое каноническое распределение Гиббса.

Тема 12: Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.

Вопросы для обсуждения: Статистический оператор и его свойства. Уравнение Лиувилля–Неймана.

Тема 13: Распределение Ферми и Бозе.

Вопросы для обсуждения: Неравновесные ферми- и бозе-газы. Вырожденный электронный газ. Теплоёмкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа в слабых и сильных полях. Релятивистский вырожденный электронный газ

Тема 14: Флуктуации.

Вопросы для обсуждения: Распределение Гаусса для одной и нескольких величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Формула Пуассона.

Тема 15: Кинетическое уравнение Больцмана.

Вопросы для обсуждения: Общий вид кинетического уравнения. Интеграл столкновений. Принцип детального равновесия. Следствия из уравнения Больцмана. Равновесное распределение.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия и исходные положения термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Определение числа термодинамических степеней свободы системы. Расчёт работы и теплоты в простейших процессах.

Тема 2: Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Расчёт изменения внутренней энергии в изохорном, изобарном, изотермическом и адиабатном процессах. Вычисление теплоёмкости при постоянном объёме и постоянном давлении по экспериментальным данным.

Тема 3: Второе начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициента полезного действия цикла Карно. Решение задач на парадокс Гиббса при смешении газов. Применение неравенства Клаузиуса для анализа направленности процессов.

Тема 4: Третье начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Расчёт теплоёмкости при низких температурах с использованием следствий третьего начала.

Тема 5: Методы термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Вычисление термодинамических потенциалов для идеального газа. Применение уравнения Гиббса–Гельмгольца для расчёта работы и теплоты.

Тема 6: Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем.

Вопросы для обсуждения: Анализ устойчивости равновесия по знаку вторых производных термодинамических потенциалов.

Тема 7: Термодинамика различных физических систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт охлаждения газа при необратимом адиабатном расширении. Вычисление энергии и давления равновесного излучения.

Тема 8: Фазовые переходы и критические явления.

Вопросы для обсуждения: Применение уравнения Клапейрона–Клаузиуса для расчёта скрытой теплоты фазового перехода.

Тема 9: Предмет, метод и методология статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Различение феноменологического и статистического подходов при решении конкретных физических задач. Выбор классической или квантовой модели вещества в зависимости от условий задачи.

Тема 10: Основные представления классической статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Вычисление числа микросостояний для простых систем. Расчёт фазового объёма в Гамма-пространстве.

Тема 11: Стационарные функции распределения.

Вопросы для обсуждения: Вычисление статистической суммы для канонического ансамбля идеального газа. Расчёт энтропии по формуле Больцмана.

Тема 12: Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.

Вопросы для обсуждения: Построение матрицы плотности для двухуровневой квантовой системы. Расчёт средних значений физических величин с помощью оператора плотности.

Тема 13: Распределение Ферми и Бозе.

Вопросы для обсуждения: Вычисление теплоёмкости вырожденного электронного газа.

Тема 14: Флуктуации.

Вопросы для обсуждения: Вычисление среднеквадратичной флуктуации энергии, объёма и числа частиц. Применение распределения Гаусса для оценки вероятности флуктуаций.

Тема 15: Кинетическое уравнение Больцмана.

Вопросы для обсуждения: Оценка времени релаксации для различных механизмов столкновений. Расчёт коэффициентов переноса в приближении времени релаксации.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Основные понятия и исходные положения термодинамики	Определение термического коэффициента объёмного расширения твёрдого тела.
2	Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики	Определение отношения теплоёмкостей газа.
3	Второе начало термодинамики	Изучение цикла Карно на модели тепловой машины и расчёт изменения энтропии при смешении газов.
4	Третье начало термодинамики	Исследование температурной зависимости теплоёмкости твёрдого тела при низких

		температурах
5	Методы термодинамики	Определение термодинамических потенциалов в компьютерной модели идеального газа.
6	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	Наблюдение равновесия фаз в двухфазной системе и проверка правила фаз Гиббса.
7	Термодинамика различных физических систем	Изучение поляризации диэлектрика в электрическом поле и её температурной зависимости
8	Фазовые переходы и критические явления	Построение кривой охлаждения и определение скрытой теплоты парообразования по уравнению Клапейрона – Клаузиуса
9	Предмет, метод и методология статистической физики	-
10	Основные представления классической статистической физики	Компьютерное моделирование распределения молекул по скоростям
11	Стационарные функции распределения	Изучение распределения Максвелла – Больцмана.
12	Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.	-
13	Распределение Ферми и Бозе	Компьютерное моделирование вырожденного электронного газа
14	Флуктуации	Компьютерное моделирование флуктуаций плотности и энергии в идеальном газе
15	Кинетическое уравнение Больцмана	Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом горячей нити.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основные понятия и исходные положения термодинамики. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики. Методы термодинамики. Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Термодинамика различных физических систем. Фазовые переходы и критические явления. Предмет, метод и методология статистической физики. Основные представления классической статистической физики. Стационарные функции распределения. Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности. Флуктуации. Кинетическое уравнение Больцмана.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт работы, теплоты и внутренней энергии в различных процессах. Применение первого начала термодинамики. Вычисление изменения энтропии, анализ цикла Карно. Использование третьего начала для расчёта абсолютной энтропии. Вычисление термодинамических потенциалов и применение уравнения Гиббса–Гельмгольца. Условия равновесия и устойчивость двухфазных систем. Термодинамика диэлектриков, магнетиков и излучения. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса и фазовые переходы. Статистический расчёт числа микросостояний и фазовых средних. Применение распределений Максвелла–Больцмана.

Расчёт флуктуаций. Решение кинетического уравнения Больцмана в приближении времени релаксации.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные определения и параметры термодинамических систем. Первое и второе начала термодинамики, энтропия, цикл Карно. Третье начало и его следствия. Термодинамические потенциалы, условия равновесия. Фазовые переходы, уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Статистические распределения (микроканоническое, каноническое, большое каноническое). Распределения Максвелла–Больцмана, Ферми–Дирака, Бозе–Эйнштейна. Вырожденные ферми- и бозе-газы. Флуктуации и распределение Гаусса. Кинетическое уравнение Больцмана, H-теорема, время релаксации.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные понятия и исходные положения термодинамики	ОПК-1	Опрос
Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики	ОПК-1	Опрос
Второе начало термодинамики	ОПК-1	Опрос
Третье начало термодинамики	ОПК-1	Опрос
Методы термодинамики	ОПК-1	Опрос
Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	ОПК-1	Опрос
Термодинамика различных физических систем	ОПК-1	Контрольная работа
Фазовые переходы и критические явления	ОПК-1	Опрос
Предмет, метод и методология статистической физики	ОПК-1	Опрос
Основные представления классической статистической физики	ОПК-1	Опрос
Стационарные функции распределения	ОПК-1	Опрос
Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.	ОПК-1	Опрос
Распределение Ферми и Бозе	ОПК-1	Опрос
Флуктуации	ОПК-1	Контрольная работа
Кинетическое уравнение Больцмана	ОПК-1	Опрос

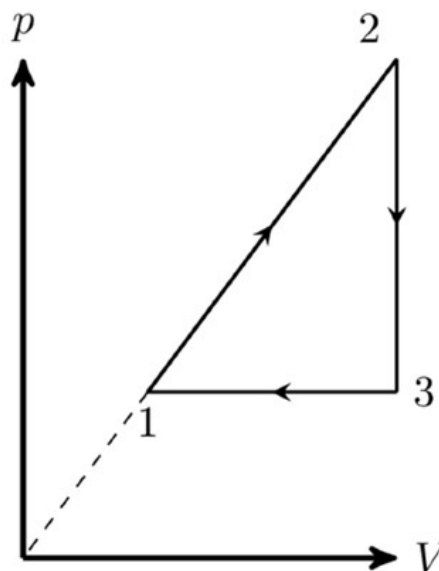
8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

1. Докажите, что при фазовых превращениях первого рода удельная свободная энергия и удельная энтальпия испытывают разрыв.

2. Получите формулу для к.п.д. цикла Лемуара, состоящего из изохорического, адиабатического и изобарического процессов (см. рис.). Параметром цикла является степень повышения давления

$$\delta = \frac{p_2}{p_1}$$



3. Какую долю количества теплоты, сообщаемого идеальному газу в процессе политропического расширения, составляет совершаемая им работа?

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Какие системы называют термодинамическими?
- 2.

Что

1. Покажите, что для однородной изотропной системы справедливо равенство $c_p = T \left[\left(\frac{\partial^2 H}{\partial S^2} \right)_p \right]^{-1}$, где H - энтальпия, S - энтропия, c_p - теплоемкость при постоянном давлении, T -абсолютная температура
2. Стержень длиной l растягивается под действием силы f . Найдите связь между изотермическим и адиабатическим коэффициентами удлинения $\frac{1}{l} \frac{\partial l}{\partial f}$, считая, что деформация является упругой и длина стержня зависит от температуры
3. Чему равно отношение $\frac{c_p}{c_v}$ для газовой смеси из двух киломолей гелия 0,5 киломоля кислорода.

называют эмпирической температурой?

3. Какой процесс называют квазистатическим?
4. Какие способы передачи энергии различаются в термодинамике и как их отличить?
5. Чему равно общее число термических и калорических уравнений состояния системы.
6. Сформулируйте принцип адиабатной недостижимости Каратеодори
7. Почему температура, измеряемую по шкале Кельвина, называется абсолютной?
8. Сформулируйте парадокс Гиббса
9. В каких случаях достаточно одного уравнения для полного описания термодинамической системы
10. Какая величина остаётся неизменной при необратимом адиабатном расширении?
11. Почему термодинамическое описание ферромагнетиков значительно сложнее термодинамического описания парамагнетиков?
12. Сколько может быть тройных точек в однокомпонентной системе и почему?
13. В каком случае функция распределения является первым интегралом движения системы?
14. Почему функция распределения замкнутой системы зависит только от энергии.
15. Что означает интеграл со штрихом и для чего он был введён?
16. Чем отличается микроканоническое распределение в квантовом и классических случаях и с чем связано это отличие?
17. Объяснить, почему изолированная макроскопическая система стремится к состоянию равновесия с точки зрения статистической физики
18. Распределение Максвелла выводится из распределения Гиббса, почему его нельзя считать частным случаем распределения Гиббса
19. Почему в классической физике частицы являются различимыми, а в квантовой нет?
20. Почему число частиц на нижнем энергетическом уровне вблизи абсолютного нуля нельзя считать в квазиклассическом приближении?
21. В каком случае электроны в металле могут рассматриваться при помощи классической статистики?
22. Почему статистическая теория флуктуаций строится на основе энтропии?
23. Как выглядит уравнение состояния квантового идеального газа
24. Как в квантовой статистической физике посчитать среднее от произвольной физической величины?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Термодинамические системы, параметры, равновесие. Постулаты термодинамики. Гомогенные и гетерогенные системы, фазы, компоненты. Равновесные и неравновесные процессы.
2. Внутренняя энергия, работа и теплота. Термическое и калорическое уравнения состояния. Уравнения состояния реальных газов.
3. Первое начало термодинамики. Теплоёмкость и теплоты изотермического изменения внешних параметров.
4. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Модули упругости.
5. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.
6. Принцип адиабатной недостижимости. Второе начало термодинамики для равновесных процессов. Энтропия. Термодинамическая температура.
7. Энтропия и термодинамическая температура, математическое обоснование их существования.
8. Основное уравнение термодинамики равновесных процессов. Связь между термическими и калорическими уравнениями состояния. Парадокс Гиббса.
9. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Основное уравнение и

основное неравенство термодинамики.

10. Цикл Карно. Теоремы Карно.
11. Третье начало термодинамики и его следствия.
12. Метод циклов. Пример использования метода циклов.
13. Метод термодинамических потенциалов. Характеристические функции. Физический смысл термодинамических потенциалов.
14. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Использование свойств Якобианов при решении задач термодинамики.
15. Термодинамические потенциалы сложных систем. Химический потенциал.
16. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости.
17. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы.
18. Принцип Ле Шателье-Брауна
19. Эффект Джоуля-Томсона.
20. Термодинамика диэлектриков и парамагнетиков.
21. Равновесие гомогенной системы. Закон действующих масс.
22. Равновесие гетерогенной системы. Правило фаз Гиббса. Кривые равновесия, тройная точка.
23. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
24. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.
25. Предмет и методы статистической физики и термодинамики. Фазовое пространство. Статистический ансамбль. Эргодическая гипотеза
26. Теорема Луивилля. Методы проверки теоремы Лиувилля. Зависимость функции распределения от энергии.
27. Микро- и макросостояния квантовой механике. Матрица плотности. Уравнение Луивилля-Неймана.
28. Микроканоническое распределение. Статистическое определение энтропии. Энтропия микроканонического ансамбля.
29. Каноническое распределение Гиббса, его свойства.
30. Физический смысл параметров канонического распределения Гиббса. Энтропия и ее связь с вероятностью состояния.
31. Идеальный газ. Вывод калорического и термического уравнения состояния.
32. Распределение Максвелла-Больцмана. Распределение Максвелла по скоростям, по энергиям, по модулю скорости. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
33. Большое каноническое распределение Гиббса. Термодинамический смысл большого термодинамического потенциала.
34. Частичные функции распределения.
35. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
36. Ферми и Бозе газы элементарных частиц.
37. Вырожденный электронный газ. Энергия Ферми.
38. Вырожденный Бозе газ. Бозе конденсация.
39. Чёрное излучение. Распределение Планка. Закон Стефана-Больцмана.
40. Флуктуации. Распределение Гаусса для одной и нескольких величин.
41. Флуктуации основных термодинамических величин.
42. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Приближение релаксации
43. Статистика парамагнетиков

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательн	Основные признаки	Пятибалл	Двухб	БРС,	%

	ое описание уровня	выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	ьная шкала (академи ческая) оценка	алльн ая шкал а, зачет	освоени я (рейтин говая оценка)
Повыш енный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтен о	86-100
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого	удовлетв орительн о		55-70

очный)		материала			
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Т. 5. Статистическая физика. Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского. — 6-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018. — 620 с. — ISBN 978-5-9221-1510-0. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223531>

Дополнительная литература

1. Базаров, И. П. Термодинамика: учебник для физических специальностей университетов / И. П. Базаров. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Высшая школа, 1983. — 344 с.
2. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика: учебное пособие для физических специальностей вузов / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. — Москва: Наука, 1977. — 552 с.
3. Шитик, Т. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие / Т. В. Шитик. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. — 184 с. — ISBN 978-5-9729-1087-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902597>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий

используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

1. Наименование дисциплины: «Теоретическая механика и механика сплошных сред».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний об основных понятиях, законах и математических моделях движения материальных тел и сплошных сред, а также освоение методов силового, кинематического и динамического расчёта механических систем, включая аналитические и вариационные подходы к описанию движения.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: фундаментальные понятия, общие теоремы и принципы теоретической механики, а также основы аналитической механики, необходимые для анализа движения твёрдых тел и сплошных сред; Уметь: применять теоретические методы для решения прикладных и теоретических задач механики, выполняя оперативную оценку параметров механических систем; Владеть: инструментарием статического, кинематического, динамического и аналитического расчёта движения, методами расчёта элементов машин и механизмов, а также методами описания физических процессов в механике.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая механика и механика сплошных сред» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.	Предмет теоретической механики и ее основные понятия. Уравнение движения точки и ее траектория. Скорость точки. Ускорение точки. Проекция ускорения на естественные оси. Частные случаи движения точки. Физический смысл тангенциального и нормального ускорения точки. Уравнения движения точки в криволинейных координатах. Проекция скорости и ускорения на оси криволинейных координат. Механические системы и классификация связей. Ограничения на скорость и ускорение, налагаемые геометрическими связями. Число степеней свободы системы. Обобщенные координаты уравнения движения системы, обобщенные скорости.
2.	Кинематика твердого тела или неизменяемой среды	Уравнения движения абсолютно твердого тела. Поступательное движение твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Вращение тела около неподвижной точки. Теорема Даламбера. Общий случай движения свободного твердого тела. Теорема Шаля.
3.	Относительное движение точки	Основные понятия. Сложение скоростей. Сложение ускорений.
4.	Сложное движение твердого тела	Постановка задачи. Сложение поступательных движений. Сложение вращений. Плоскопараллельное движение твердого тела. Кривошипно-шатунный механизм
5.	Основные опытные законы механики	Вектор силы. Тяжелая масса тел. Закон инерции. Инерциальные системы координат. Основной закон механики (второй закон Ньютона). Инертная масса. Принцип независимости действия сил. Закон равенства действия и противодействия (третий закон Ньютона).
6.	Движение материальной точки в инерциальной системе координат	Динамика точки и ее две основные задачи. Характеристика сил. Дифференциальные уравнения движения. Определение уравнения движения точки по заданной силе. Определение силы по заданному уравнению движения. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки в случае сил частного вида
7.	Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы	Уравнение движения материальной точки в неинерциальной системе координат. Координатные системы, связанные с Землей. Отклонение падающих тел от вертикали. Характерные особенности движения

		точки под действием центральной силы. Уравнения движения точки, находящейся под действием центральной силы. Закон всемирного тяготения. Задача двух тел. Движение электрона в поле ионизированного атома (центральная отталкивающая сила).
8.	Статика абсолютно твердого тела и механической системы	Задачи и основные понятия статики. Активные силы и силы реакции связей. Система сходящихся сил. Система параллельных сил. Центр тяжести и центр масс. Момент силы относительно точки и относительно оси. Свойства пары сил. Приведение произвольной системы сил. Равновесие произвольной системы сил, действующих на твердое тело. Равновесие системы материальных точек
9.	Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы	Уравнения движения системы материальных точек. Принцип Даламбера Основные уравнения движения системы. Теорема о количестве движения системы. Теорема импульсов. Теорема о количестве движения центра инерции системы и примеры ее применения Теорема о кинетическом моменте
10.	Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат	Теорема о количестве движения в неинерциальной системе координат. Теорема о кинетическом моменте в неинерциальной системе координат. Законы сохранения. Уравнения движения в расчетной системе координат
11.	Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии	Теорема о кинетической энергии и закон сохранения механической энергии точки. Теорема о кинетической энергии системы. Формула Кенига. Закон сохранения механической энергии системы.
12.	Геометрия масс	Кинетический момент твердого тела в частных случаях его движения. Вычисление моментов инерции относительно параллельных осей. Эллипсоид инерции
13.	Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки Общий случай движения тела	Кинематические уравнения Эйлера. Динамические уравнения Эйлера. Постановка задачи о движении твердого тела вокруг неподвижной точки. Регулярная прецессия гироскопа. Приближенная теория гироскопа. Общий случай движения твердого тела
14.	Задача о движении связанных механических систем	Постановка задачи о движении связанных механических систем. Реакции связей. Перемещения и число степеней свободы системы.
15.	Уравнения Лагранжа второго рода	Постановка задачи. Уравнения движения системы. Уравнения Лагранжа второго рода. Уравнения Лагранжа второго рода как уравнения движения точки в 3n-мерном пространстве. Уравнения Лагранжа второго рода для частных случаев сил, действующих на систему. Первые интегралы уравнений движения.
16.	Канонические уравнения Гамильтона	Канонические переменные. Канонические уравнения Гамильтона. Первые интегралы канонических уравнений. Скобки Пуассона. Метод Рауса.
17.	Общие принципы механики	Принцип Лагранжа-Даламбера и принцип виртуальных перемещений Лагранжа Вариационный интегральный принцип Гамильтона-Остроградского.
18.	Канонические преобразования	Понятие канонического преобразования. Критерии каноничности преобразования. Ковариантность уравнений Гамильтона при канонических преобразованиях. Канонические преобразования и процесс движения. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема. Свободное каноническое

		преобразование и его производящая функция. О других типах производя- производящих функций.
19.	Метод Якоби интегрирования уравнений движения	Уравнение Гамильтона-Якоби. Уравнение Гамильтона-Якоби для систем с циклическими координатами. Уравнение Гамильтона-Якоби для консервативных и обобщенно консервативных систем. Характеристическая функция Гамильтона. Разделение переменных. Теорема Лиувилля об интегрируемости гамильтоновой системы в квадратурах.
20.	Переменные действие-угол	Случай одной степени свободы. Переменные действие-Угол в задаче о движении маятника. О переменных действие-угол для системы с p степенями свободы. Переменные действие-угол в задаче двух тел. Элементы Делонэ.
21.	Основные понятия и законы механики сплошных сред	Физически бесконечно малая частица. Деформация малой частицы. Законы сохранения массы, изменения импульса и кинетического момента. Уравнение изменения кинетической энергии. Законы термодинамики.
22.	Идеальная жидкость	Уравнения движения идеальной жидкости. Основные теоремы динамики идеальной жидкости. Потoki импульса и энергии. Несжимаемая жидкость. Звуковые волны. Ударные волны. Магнитогидродинамика идеальной жидкости
23.	Вязкая жидкость	Тензор напряжений и уравнения движения. Уравнение Навье — Стокса. Малые колебания. Магнитогидродинамика вязкой жидкости

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.

Вопросы для обсуждения: Способы задания движения точки. Траектория, скорость, ускорение. Естественный и координатный способы. Понятие несвободной системы, кинематические связи. Скорости и ускорения точек системы при наличии связей.

Тема 2: Кинематика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: Векторный, координатный и естественный методы описания движения. Мгновенная скорость и ускорение. Касательное и нормальное ускорение. Равномерное, равноускоренное и криволинейное движения.

Тема 3: Относительное движение точки.

Вопросы для обсуждения: Подвижная и неподвижная системы отсчёта. Переносное, относительное и абсолютное движения.

Тема 4: Сложное движение твердого тела.

Вопросы для обсуждения: Поступательное и вращательное движение как простейшие виды движения твёрдого тела. Сложение поступательных движений. Сложение вращений вокруг параллельных и пересекающихся осей.

Тема 5: Основные опытные законы механики.

Вопросы для обсуждения: Законы Галилея–Ньютона. Принцип инерции. Инерциальные

системы отсчёта. Закон пропорциональности силы и ускорения. Закон равенства действия и противодействия.

Тема 6: Движение материальной точки в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные уравнения движения. Прямая и обратная задачи динамики. Силы, зависящие от времени, положения и скорости. Примеры интегрирования уравнений движения.

Тема 7: Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы

Вопросы для обсуждения: Уравнение относительного движения. Центральная сила и её свойства. Законы площадей. Задача Кеплера. Движение в центральном поле.

Тема 8: Статика абсолютно твердого тела и механической системы.

Вопросы для обсуждения: Условия равновесия твёрдого тела. Система сходящихся сил. Пара сил и момент силы. Приведение системы сил к заданному центру. Уравнения равновесия в векторной и координатной формах. Равновесие системы тел.

Тема 9: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы.

Вопросы для обсуждения: Центр масс системы. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса. Теорема об изменении момента импульса. Закон сохранения момента импульса.

Тема 10: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек. Внутренние и внешние силы. Теорема о количестве движения. Теорема о движении центра масс.

Тема 11: Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии.

Вопросы для обсуждения: Кинетическая энергия материальной точки и системы. Работа силы. Теорема об изменении кинетической энергии. Потенциальные силы. Закон сохранения полной механической энергии.

Тема 12: Геометрия масс.

Вопросы для обсуждения: Моменты инерции твёрдого тела относительно оси и точки. Центробежные моменты инерции. Тензор инерции.

Тема 13: Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки Общий случай движения тела.

Вопросы для обсуждения: Уравнения Эйлера для вращения твёрдого тела вокруг неподвижной точки. Прецессия и нутация. Кинетическая энергия при вращении. Описание свободного движения твёрдого тела.

Тема 14: Задача о движении связанных механических систем.

Вопросы для обсуждения: Идеальные связи. Принцип освобожденности от связей. Уравнения движения систем с геометрическими и кинематическими связями. Реакции связей.

Тема 15: Уравнения Лагранжа второго рода.

Вопросы для обсуждения: Обобщённые координаты и число степеней свободы. Кинетическая и потенциальная энергия в обобщённых координатах. Функция Лагранжа.

Тема 16: Канонические уравнения Гамильтона.

Вопросы для обсуждения: Обобщённые импульсы. Преобразование Лежандра. Канонические уравнения движения. Циклические интегралы. Свойства гамильтониана.

Тема 17: Общие принципы механики.

Вопросы для обсуждения: Принцип виртуальных перемещений. Вариационный принцип Гамильтона–Остроградского.

Тема 18: Канонические преобразования.

Вопросы для обсуждения: Преобразования фазовых переменных, сохраняющие каноническую форму уравнений. Производящие функции. Инвариантность скобок Пуассона.

Тема 19: Метод Якоби интегрирования уравнений движения.

Вопросы для обсуждения: Уравнение Гамильтона–Якоби. Полный интеграл. Разделение переменных. Теорема Якоби. Связь метода Якоби с волновой оптикой.

Тема 20: Переменные действие-угол.

Вопросы для обсуждения: Переменные действие и угол для одномерного периодического движения. Применение к задаче Кеплера.

Тема 21: Основные понятия и законы механики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Модель сплошной среды. Тензор деформаций. Тензор напряжений. Уравнение неразрывности. Закон сохранения массы.

Тема 22: Идеальная жидкость.

Вопросы для обсуждения: Определение идеальной жидкости. Уравнения Эйлера для движения идеальной жидкости.

Тема 23: Вязкая жидкость.

Вопросы для обсуждения: Вязкость и её механизм. Тензор вязких напряжений. Уравнения Навье–Стокса. Граничные условия прилипания.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.

Вопросы для обсуждения: Определение траектории, скорости и ускорения точки при различных способах задания движения. Составление уравнений связей. Расчёт скоростей точек системы с помощью кинематических соотношений.

Тема 2: Кинематика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на вычисление скорости и ускорения по заданному уравнению движения. Определение радиуса кривизны траектории. Переход от координатного способа к естественному.

Тема 3: Относительное движение точки.

Вопросы для обсуждения: Расчёт переносной, относительной и абсолютной скоростей. Решение задач на движение точки по движущейся поверхности.

Тема 4: Сложное движение твёрдого тела.

Вопросы для обсуждения: Задачи на сложение поступательных и вращательных движений. Определение угловой скорости и углового ускорения при наличии нескольких вращений. Построение мгновенной оси вращения.

Тема 5: Основные опытные законы механики.

Вопросы для обсуждения: Анализ инерциальных систем отсчёта. Выбор системы отсчёта при решении задач. Определение сил по известному движению и движения по известным силам.

Тема 6: Движение материальной точки в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Решение прямой и обратной задач динамики. Интегрирование дифференциальных уравнений движения при постоянной силе, силе упругости, силе сопротивления среды.

Тема 7: Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы

Вопросы для обсуждения: Расчёт сил инерции в неинерциальных системах. Применение законов площадей. Расчёт периода обращения.

Тема 8: Статика абсолютно твёрдого тела и механической системы.

Вопросы для обсуждения: Составление уравнений равновесия для плоской и пространственной систем сил. Определение реакций опор и усилий в стержнях. Равновесие составных конструкций.

Тема 9: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы.

Вопросы для обсуждения: Нахождение центра масс системы. Применение законов сохранения импульса и момента импульса к задачам о движении системы тел. Расчёт скорости центра масс.

Тема 10: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Составление дифференциальных уравнений движения системы материальных точек. Определение внутренних и внешних сил. Решение задач о движении системы с помощью теоремы о центре масс.

Тема 11: Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии.

Вопросы для обсуждения: Вычисление работы сил. Применение теоремы об изменении кинетической энергии к поступательному и вращательному движению. Задачи на сохранение механической энергии.

Тема 12: Геометрия масс.

Вопросы для обсуждения: Вычисление моментов инерции простых тел относительно оси.

Применение теоремы Штейнера. Определение центробежных моментов инерции.

Тема 13: Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки. Общий случай движения тела.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на составление уравнений Эйлера для вращающихся тел. Расчёт гироскопических моментов. Анализ прецессии и нутации волчка.

Тема 14: Задача о движении связанных механических систем.

Вопросы для обсуждения: Составление уравнений движения систем с идеальными связями. Задачи на движение тел по наклонной плоскости, на блочных системах.

Тема 15: Уравнения Лагранжа второго рода.

Вопросы для обсуждения: Выбор обобщённых координат. Вычисление кинетической и потенциальной энергии в обобщённых координатах.

Тема 16: Канонические уравнения Гамильтона.

Вопросы для обсуждения: Вычисление обобщённых импульсов. Запись канонических уравнений. Нахождение первых интегралов.

Тема 17: Общие принципы механики.

Вопросы для обсуждения: Применение принципа возможных перемещений к расчёту статически неопределимых систем. Общее уравнение динамики для составных систем.

Тема 18: Канонические преобразования.

Вопросы для обсуждения: Нахождение производящей функции. Преобразование гамильтониана к более простому виду.

Тема 19: Метод Якоби интегрирования уравнений движения.

Вопросы для обсуждения: Построение уравнения Гамильтона–Якоби для простейших систем. Разделение переменных. Получение полного интеграла.

Тема 20: Переменные действие-угол.

Вопросы для обсуждения: Вычисление переменной действие для одномерных периодических систем. Нахождение частоты колебаний как производной энергии по действию.

Тема 21: Основные понятия и законы механики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Вычисление компонент тензора деформаций. Запись закона сохранения массы в интегральной и дифференциальной формах.

Тема 22: Идеальная жидкость.

Вопросы для обсуждения: Применение уравнений Эйлера для расчёта течений в каналах и трубах. Расчёт силы давления на обтекаемое тело.

Тема 23: Вязкая жидкость.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на ламинарное течение вязкой жидкости между параллельными пластинами и в круглой трубе. Расчёт расхода жидкости и перепада давления.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Кинематика точки и несвободной системы

материальных точек. Кинематика материальной точки. Относительное движение точки. Сложное движение твёрдого тела. Основные опытные законы механики. Относительное движение точки. Движение точки под действием центральной силы. Статика абсолютно твёрдого тела и механической системы. Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы. Теорема о кинетической энергии. Закон сохранения механической энергии. Геометрия масс. Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки. Общий случай движения тела. Задача о движении связанных механических систем. Уравнения Лагранжа второго рода. Метод Якоби интегрирования уравнений движения. Переменные действие-угол. Основные понятия и законы механики сплошных сред. Идеальная жидкость. Вязкая жидкость.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Кинематические расчёты для точки и несвободной системы. Определение скорости и ускорения при различных способах задания движения. Задачи на относительное движение и сложение движений. Расчёт траектории, скорости и ускорения при движении под действием центральной силы. Уравнения равновесия твёрдого тела и механической системы. Применение теоремы о движении центра масс и закона сохранения импульса. Задачи на динамику вращательного движения твёрдого тела. Составление уравнений Лагранжа второго рода для систем с одной и несколькими степенями свободы. Переход к каноническим уравнениям Гамильтона. Использование общих принципов механики. Решение задач на течение идеальной жидкости и вязкой жидкости.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Кинематика точки и твёрдого тела. Динамика материальной точки и механической системы. Статика. Геометрия масс. Уравнения Лагранжа второго рода и их применение. Канонические уравнения Гамильтона и первые интегралы. Вариационные принципы механики. Элементы механики сплошных сред.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических

данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.	ОПК-1	Опрос
Кинематика твердого тела или неизменяемой среды	ОПК-1	Опрос
Относительное движение точки	ОПК-1	Опрос
Сложное движение твердого тела	ОПК-1	Опрос
Основные опытные законы механики	ОПК-1	Опрос
Движение материальной точки в инерциальной системе координат	ОПК-1	Опрос
Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы	ОПК-1	Контрольная работа
Статика абсолютно твердого тела и механической системы	ОПК-1	Опрос
Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы	ОПК-1	Опрос
Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат	ОПК-1	Опрос
Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии	ОПК-1	Контрольная работа
Геометрия масс	ОПК-1	Опрос
Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки Общий случай движения тела	ОПК-1	Опрос
Задача о движении связанных	ОПК-1	Контрольная работа

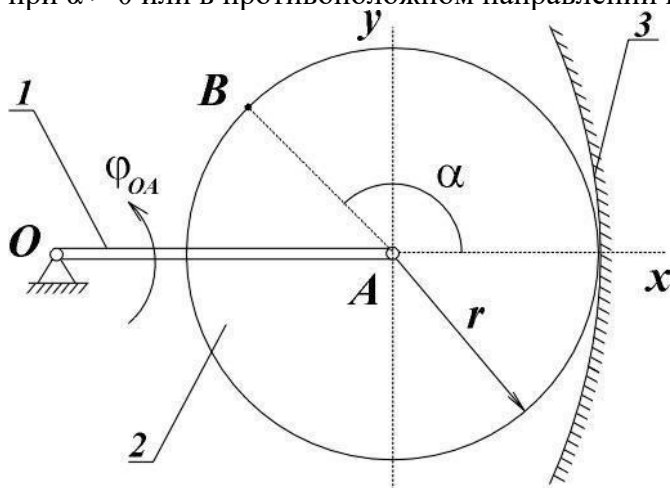
механических систем		
Уравнения Лагранжа второго рода	ОПК-1	Опрос
Канонические уравнения Гамильтона	ОПК-1	Опрос
Общие принципы механики	ОПК-1	Опрос
Канонические преобразования	ОПК-1	Опрос
Метод Якоби интегрирования уравнений движения	ОПК-1	Контрольная работа
Переменные действие-угол	ОПК-1	Опрос
Основные понятия и законы механики сплошных сред	ОПК-1	Опрос
Идеальная жидкость	ОПК-1	Опрос
Вязкая жидкость	ОПК-1	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

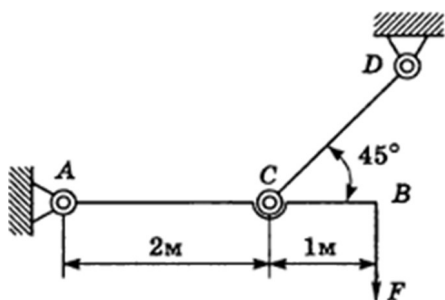
Типовые задания контрольных работ:

Вариант 1

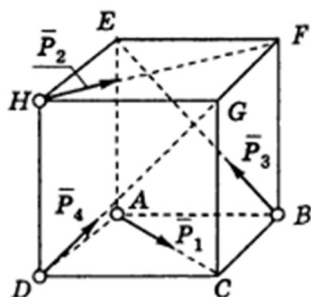
1. В планетарном механизме кривошип 1 длиной $OA = 0.8$ (м) вращается вокруг неподвижной оси O , перпендикулярной плоскости рисунка, по закону $\varphi(t) = 6t - 2t^2$ (рад). В точке A кривошип шарнирно соединен с центром диска 2 радиуса $r = 0.5$ (м), находящегося во внутреннем зацеплении с неподвижным колесом 3, соосным с кривошипом OA . На диске 2 в момент времени $t_1 = 1$ (с) задана точка B , положение которой определяется расстоянием $AB = 0.5$ (м) и углом $\alpha = 135^\circ$. (В заданный момент времени угол α отсчитывается от оси Ax в направлении против хода часовой стрелки при $\alpha > 0$ или в противоположном направлении при $\alpha < 0$).



2. Горизонтальный невесомый стержень AB находится в равновесии под действием трех сил, одна из которых вертикальная $F = 5$ кН, другая - реакция опорного стержня CD , а третья - реакция неподвижного шарнира A . Найти неизвестные реакции опор.



3. К четырем вершинам A, H, B и D куба приложены четыре равные по модулю силы: $P_1=P_2=P_3=P_4=P$, причем сила P_1 направлена по AC, P_2 - по HF, P_3 - по BE и P_4 - по DG. Привести эту систему к простейшему виду.



Примеры вопросов для устного опроса:

1. Что называют кинематическим винтом?

Сочетание величин v и $|\Omega|$ при мгновенном винтовом движении одновременное вращение тела вокруг оси и поступательное перемещение его вдоль этой оси.

2. Что называют парой вращений?

Сочетание двух вращений вокруг параллельных осей с одинаковыми по величине, но противоположными по знаку угловыми скоростями.

3. Что называют алгебраической скоростью точки? $v=ds/dt$

4. Как движется твердое тело, если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

5. В каких случаях кориолисово ускорение равно нулю?

Относительная скорость равна нулю или подвижная система перемещается поступательно или переносное движение представляет собой вращение вокруг оси параллельной вектору относительной скорости.

6. Какое движение может совершать тело если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

то тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

7. Если скорость некоторой точки тела в данный момент времени равна нулю

то тело находится либо в мгновенном покое, либо в мгновенном вращении вокруг оси, проходящей через эту точку.

8. В каком случае на практике можно утверждать, что тело в данный момент движется поступательно?

Если векторы скоростей трех точек, не лежащих на одной прямой равны

Примеры вопросов для устного опроса:

9. Что называют кинематическим винтом?

Сочетание величин v и $|\Omega|$ при мгновенном винтовом движении одновременное вращение тела вокруг оси и поступательное перемещение его вдоль этой оси.

10. Что называют парой вращений?

Сочетание двух вращений вокруг параллельных осей с одинаковыми по величине, но противоположными по знаку угловыми скоростями.

11. Что называют алгебраической скоростью точки? $v=ds/dt$

12. Как движется твердое тело, если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

13. В каких случаях кориолисово ускорение равно нулю?

Относительная скорость равна нулю или подвижная система перемещается поступательно или переносное движение представляет собой вращение вокруг оси параллельной вектору относительной скорости.

14. Какое движение может совершать тело если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

то тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

15. Если скорость некоторой точки тела в данный момент времени равна нулю

то тело находится либо в мгновенном покое, либо в мгновенном вращении вокруг оси, проходящей через эту точку.

16. В каком случае на практике можно утверждать, что тело в данный момент движется поступательно?

Если векторы скоростей трех точек, не лежащих на одной прямой равны

8.2. Примерный перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки при векторном и координатном способах задания движения.
2. Скорость и ускорение в криволинейных координатах.
3. Ускорение при естественном способе задания движения.
4. Теорема о кинетическом моменте.
5. Степени свободы и обобщенные координаты абсолютно твёрдого тела. Углы Эйлера.
6. Вращение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Теорема Даламбера. Мгновенная угловая скорость. Кинематические уравнения Эйлера.
7. Кинематика общего случая движения твёрдого тела. Теорема Шаля. Сложение вращений твёрдого тела.
8. Плоскопараллельное движение твёрдого тела.
9. Сложное движение точки. Теорема сложения скоростей.
10. Теорема сложения ускорений.

11. Понятие о силе, массе, инерциальной системе отсчёта. Законы Ньютона.
12. Дифференциальные уравнения движения точки. Задачи динамики точки. Начальные условия.
13. Теорема о движении центра масс.
13. Теорема об импульсе системы. Уравнение Мещерского.
14. Потенциальные силы и потенциальное силовое поле. Свойство потенциального поля. Первые интегралы движения.
15. Теорема о полной механической энергии. Формула Кёнига.
16. Движение материальной точки в центральном силовом поле. Шесть интегралов движения. Формула Бинэ.
17. Движение точки под действием силы $F = a/r$. Законы Кеплера как следствие закона всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения как следствие законов Кеплера.
18. Задача двух тел.
19. Уравнения движения точки относительно неинерциальных систем отсчёта. Проявление неинерциальности Земли.
20. Постановка задачи и движения несвободных систем. Действительные, возможные и виртуальные перемещения. Идеальные связи. Уравнения Лагранжа первого рода.
21. Уравнения Лагранжа второго рода.
22. Обобщенная силовая функция. Диссипативная функция Рэлея. Первые интегралы движения. Циклические координаты. Обобщение понятия полной механической энергии системы.
23. Вариационный принцип Гамильтона-Остроградского. Изохронная вариация.
24. Вывод уравнений Лагранжа из принципа Гамильтона-Остроградского.
25. Принцип Лагранжа-Даламбера. Принцип виртуальных перемещений Лагранжа. Условия равновесия системы. Применение условия равновесия системы к твердому телу.
26. Преобразование Лежандра. Вывод канонических уравнений Гамильтона, их достоинства.
27. Метод Пуассона. Теорема Пуассона. Скобки Пуассона и их свойства.
28. Метод Рауса.
29. Метод канонических преобразований. Свободные канонические преобразования. Производящая функция.
30. Метод Гамильтона-Якоби. Уравнение Гамильтона-Якоби. Метод разделения переменных.
31. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объёма.
32. Применение канонических преобразований в теории возмущений.
33. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия.
34. Дифференциальные уравнения движения твёрдого тела.
35. Моменты инерции твёрдого тела. Тензор инерции. Эллипсоид инерции.
36. Динамические уравнения Эйлера.
37. Случай Лагранжа. Качественный анализ решения.
38. Симметричный случай Эйлера.
39. Элементарная теория гироскопа. Применение гироскопов.
40. Классификация связей. Ограничения на скорость и ускорение, накладываемые геометрическими связями. Теорема Грасгофа.
41. Основные задачи статики. Приведение сил. Пара сил.
42. Центр масс тела. Момент силы. Момент пары сил. Сложение пар сил.
43. Условия равновесия твёрдого тела. Теорема о трёх моментах. Равновесие системы материальных точек.
44. Уравнение движения системы в неинерциальной системе отсчёта. Уравнения движения твёрдого тела в системе, жестко связанной с телом.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворяет	Репродуктивная	Изложение в пределах задач курса	удовлетворительн		55-70

ельны й (достат очный)	деятельность	теоретически и практически контролируемого материала	о		
Недост аточн ый	Отсутствие	признаков удовлетворительного уровня	неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Теоретическая механика: практикум / Т. А. Валькова, А. Е. Митяев, С. Г. Докшанин [и др.]. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2020. — 374 с. — ISBN 978-5-7638-4155-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1830740>
2. Цывильский, В. Л. Теоретическая механика: учебник / В. Л. Цывильский. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2023. — 368 с. — ISBN 978-5-906923-71-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1941737>

Дополнительная литература

1. Вильке, В. Г. Теоретическая механика: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Математика», «Механика», «Прикладная математика и информатика» / В. Г. Вильке. — Москва: Издательство МГУ, 1998. — 271 с. — ISBN 5-211-03785-5.
2. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах: учебное пособие для вузов: в 3 т. Т. 3. Специальные главы механики / М. И. Бать, А. С. Кельзон, Г. Ю. Джанелидзе ; под ред. Г. Ю. Джанелидзе. — Москва: Наука, 1973. — 487 с.
3. Кильчевский, Н. А. Курс теоретической механики: для университетов: в 2 т. Т. 1. Кинематика, статика, динамика точки: учебник / Н. А. Кильчевский. — Москва: Наука, 1977. — 479 с.: ил.
4. Кильчевский, Н. А. Курс теоретической механики: для университетов: в 2 т. Т. 2. Динамика системы. Аналитическая механика. Элементы теории потенциала, механики сплошной среды, специальной и общей теории относительности / Н. А. Кильчевский. — Москва: Наука, 1977. — 543 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

1. Наименование дисциплины: «Физика конденсированного состояния».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о фундаментальных понятиях, законах и принципах физики конденсированного состояния, методов исследования механических, тепловых, электрических и магнитных свойств вещества в твёрдом и жидком состояниях, а также освоение приёмов теоретического анализа (включая метод размерностей, аналогий и векторных диаграмм) для решения прикладных задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: знать основные понятия, законы и принципы физики конденсированных состояний, методы исследования свойств вещества в конденсированном состоянии, а также фундаментальные физические теории и законы, описывающие поведение вещества в твёрдом и жидком состояниях; Уметь: решать задачи по физике конденсированных состояний, включая задачи на механические, тепловые, электрические и магнитные свойства твёрдых веществ и материалов; Владеть: методами теоретического анализа физических явлений, происходящих в веществе в конденсированном состоянии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной

информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Кристаллография	Изучение структуры кристаллов и их свойств. Включает в себя описание кристаллических решёток, симметрию кристаллов, методы исследования кристаллической структуры.
2.	Основы зонной теории	Формирование кристаллической структуры из изолированных атомов. Свойства полос разрешенных энергий. Теорема Блоха. Понятие квазиимпульса. Зона Бриллюэна. Метод почти свободных электронов. Формирование зонного спектра. Эффективная масса. Энергия Ферми и поверхность Ферми. Метод сильной связи. Типы химических связей.
3.	Движение электрона во внешних полях	Движение электрона во внешнем магнитном поле. Квантование спектра. Плотность состояний. Уровни Ландау. Квантовые осцилляционные эффекты. Движение электрона во внешнем электрическом поле.
4.	Динамика кристаллической решетки	Колебания атомов в кристаллической решетке. Одномерная цепочка атомов. Акустические и оптические фононы. Теплоемкость решетки. Модель Эйнштейна и модель Дебая. Электронная теплоемкость. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение решетки.
5.	Физика полупроводников	Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки. Полупроводники с прямой и непрямой щелью. Оптическая и термическая активация. Легирование полупроводников. Доноры и акцепторы. Энергия примесных состояний. Полупроводниковые сверхрешетки. Квантование спектра. Квантовый эффект Холла.
6.	Механика твёрдого тела	Исследование поведения твёрдых тел под воздействием внешних сил. Рассматриваются деформации, напряжения, упругость, пластичность, прочность и разрушение твёрдых материалов.
7.	Физика сверхпроводимости	Основная феноменология. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри Абрикосова. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. Эффект Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники. Уравнение Лондонов. Основные идеи теории Бардина — Купера — Шриффера. Электронные пары. Теория Гинзбурга

		— Ландау.
8.	Физика полимеров	Основные подходы физики полимеров. Классификация полимеров. Идеальный полимерный клубок. Размер клубка. Высокоэластичность. Объемные взаимодействия в полимерах. Переход клубок — глобула. Вязкоупругость полимеров.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Кристаллография.

Вопросы для обсуждения: Типы кристаллических решёток и сингонии. Трансляционная симметрия, элементарная ячейка, базис. Дефекты кристаллической структуры. Методы экспериментального определения структуры кристаллов (рентгеноструктурный анализ).

Тема 2: Основы зонной теории.

Вопросы для обсуждения: Приближение адиабатическое и одноэлектронное. Теорема Блоха и блоховские функции. Образование энергетических зон в кристалле. Различие металлов, полупроводников и диэлектриков с позиций зонной теории. Эффективная масса электрона и дырки.

Тема 3: Движение электрона во внешних полях.

Вопросы для обсуждения: Уравнение движения электрона в кристалле под действием электрического и магнитного полей. Понятие квазиимпульса. Скорость блоховского электрона. Электропроводность металлов и полупроводников.

Тема 4: Динамика кристаллической решетки

Вопросы для обсуждения: Колебания атомов в одноатомной и двухатомной цепочках. Акустические и оптические фононы. Закон дисперсии фононов. Фононный спектр и плотность фононных состояний.

Тема 5: Физика полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные уровни. Температурная зависимость концентрации носителей заряда. Уровень Ферми.

Тема 6: Механика твёрдого тела.

Вопросы для обсуждения: Упругие свойства кристаллов. Тензор напряжений и тензор деформаций. Закон Гука для анизотропной среды. Пластическая деформация. Дислокации и их роль в пластичности. Прочность и разрушение твёрдых тел.

Тема 7: Физика сверхпроводимости

Вопросы для обсуждения: Феноменологические свойства сверхпроводников. Сверхпроводники первого и второго рода. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Тема 8: Физика полимеров.

Вопросы для обсуждения: Строение и классификация полимеров. Аморфное и кристаллическое состояние полимеров. Температура стеклования и плавления.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Кристаллография.

Вопросы для обсуждения: Определение параметров элементарной ячейки по

рентгенограммам. Расчёт межплоскостных расстояний. Индексирование плоскостей и направлений. Оценка плотности упаковки атомов.

Тема 2: Основы зонной теории.

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективной массы по закону дисперсии. Построение зонной структуры для простых моделей. Определение ширины запрещённой зоны по экспериментальным данным.

Тема 3: Движение электрона во внешних полях.

Вопросы для обсуждения: Расчёт дрейфовой скорости и подвижности. Применение уравнения движения электрона в электрическом поле.

Тема 4: Динамика кристаллической решетки

Вопросы для обсуждения: Расчёт частот колебаний одноатомной и двухатомной цепочек. Определение скорости звука в кристалле. Вычисление энергии фононов.

Тема 5: Физика полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентрации электронов и дырок в собственном полупроводнике. Определение положения уровня Ферми в примесном полупроводнике. Температурная зависимость электропроводности.

Тема 6: Механика твёрдого тела.

Вопросы для обсуждения: Вычисление упругих постоянных по закону Гука. Расчёт напряжений и деформаций в стержнях и балках. Определение критического напряжения для дислокаций. Задачи на прочность и разрушение материалов.

Тема 7: Физика сверхпроводимости

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического тока и критического магнитного поля. Определение энергетической щели сверхпроводника по экспериментальным данным.

Тема 8: Физика полимеров.

Вопросы для обсуждения: Расчёт степени полимеризации и молекулярной массы. Определение температуры стеклования по термомеханической кривой.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Типы кристаллических решёток, элементы симметрии и дефекты. Уравнение движения электрона в кристалле, квазиимпульс, электропроводность и эффект Холла. Колебания атомов в решётке, акустические и оптические фононы, теплоёмкость кристаллов. Собственные и примесные полупроводники, уровень Ферми, кинетические явления. Тензоры напряжений и деформаций, закон Гука для анизотропных тел, дислокации. Строение и классификация полимеров, высокоэластичность и вязкоупругость.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров элементарной ячейки и плотности упаковки. Вычисление эффективной массы по закону дисперсии и ширины запрещённой зоны. Расчёт упругих постоянных, напряжений и деформаций. Определение критических параметров сверхпроводников и энергетической щели. Расчёт молекулярной массы полимера и температуры стеклования.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Симметрия и типы кристаллических решёток, индексы Миллера. Зонная структура металлов, полупроводников и диэлектриков. Статистика носителей в полупроводниках, температурная зависимость проводимости. Упругость, пластичность и дислокационная теория прочности. Основы теории сверхпроводимости. Физические свойства полимеров.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Кристаллография	ОПК-1	Опрос
Основы зонной теории	ОПК-1	Опрос
Движение электрона во внешних полях	ОПК-1	Опрос
Динамика кристаллической решетки	ОПК-1	Опрос
Физика полупроводников	ОПК-1	Опрос
Механика твёрдого тела	ОПК-1	Опрос

Физика сверхпроводимости	ОПК-1	Опрос
Физика полимеров	ОПК-1	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые вопросы для опроса:

1. Что такое кристаллы и как они образуются?
2. Какие основные свойства кристаллов вы знаете?
3. Что такое симметрия кристаллов и какие виды симметрии существуют?
4. Как определить точечную группу симметрии кристалла?
5. Что такое элементарная ячейка кристалла и какие типы элементарных ячеек существуют?
6. Какие методы используются для изучения структуры кристаллов?
7. Что такое дефекты кристаллов и какие типы дефектов существуют?
8. Как влияют дефекты на свойства кристаллов?
9. Что такое дислокации и как они влияют на свойства кристаллов?
10. Какие области применения кристаллов существуют в настоящее время?
11. Что такое зонная теория твёрдых тел и как она объясняет их электрические свойства?
12. Что такое зона проводимости и валентная зона и как они связаны с проводимостью и запрещённой зоной?
13. Как влияет ширина запрещённой зоны на электрические свойства полупроводников?
14. Что такое примесные уровни и как они влияют на проводимость полупроводников?
15. Как можно использовать зонную теорию для объяснения работы полупроводниковых приборов?
16. Что такое квантовый эффект Холла и как он связан с зонной теорией?
17. Как происходит переход электронов из валентной зоны в зону проводимости при поглощении света?
18. Что такое фотопроводимость и как она связана с зонной теорией?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Как движется электрон в однородном электрическом поле?
2. Как зависит скорость электрона от его энергии в электрическом поле?
3. Как изменяется траектория движения электрона в магнитном поле?
4. Что такое циклотронный резонанс и как его можно наблюдать?
5. Как рассчитать энергию электрона в периодическом потенциале?
6. Что такое эффект Зеебека и как он связан с движением электронов?
7. Как влияет температура на движение электронов в полупроводниках?
8. Что такое фононы и как они описывают колебания атомов в кристаллической решётке?
9. Какие типы колебаний возможны в кристаллической решётке и как они зависят от её симметрии?
10. Как связаны частота и энергия?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательн	Основные признаки	Пятибалл	Двухб	БРС, %

	ое описание уровня	выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	ьная шкала (академи ческая) оценка	алльн ая шкал а, зачет	освоени я (рейтин говая оценка)
Повыш енный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтен о	86-100
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого	удовлетв орительн о		55-70

очный)		материала			
Недостаточный	Отсутствие	признаков	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55
	удовлетворительного уровня				

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Т. 9. Статистическая физика. Теория конденсированного состояния. Ч. 2 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского. – 5-е изд., испр. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018. – 440 с. – ISBN 978-5-9221-1580-3. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223535>
2. Физика конденсированного состояния. Прочность и разрушение материалов: учебник / А. Н. Чуканов, Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев [и др.]; под ред. А. Н. Чуканова. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с. – ISBN 978-5-9729-0771-7. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833138>

Дополнительная литература

1. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 47 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/417650>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Инженерный модуль»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Начертательная геометрия»
 - 4.2. Программа дисциплины «Инженерная и компьютерная графика»
 - 4.3. Программа дисциплины «Конструкторская и технологическая документация»
 - 4.4. Программа дисциплины «Системы автоматизированного проектирования»
 - 4.5. Программа дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация»
 - 4.6. Программа дисциплины «Технологии конструкционных материалов»
 - 4.7. Программа дисциплины «Теория механизмов и машин»
 - 4.8. Программа дисциплины «Сопротивление материалов»
 - 4.9. Программа дисциплины «Технологии приборостроения»
 - 4.10. Программа дисциплины «Киберфизические системы и индустрия 4.0»
 - 4.11. Программа дисциплины «Управление инженерными проектами»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Инженерный модуль»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- осваивать теоретические основы начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики для создания и чтения конструкторской документации;
- формировать знания о правилах оформления конструкторской и технологической документации в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД;
- развивать навыки работы в системах автоматизированного проектирования для моделирования изделий и подготовки проектной документации;
- изучать принципы метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации применительно к инженерной практике;
- знакомить с современными технологиями конструкционных материалов и методами их обработки при изготовлении деталей и узлов приборов;
- осваивать методы анализа механических систем на основе теории механизмов и машин, а также расчётов на прочность и жёсткость элементов конструкций;
- формировать знания о технологических процессах приборостроения, включая сборку, настройку и контроль качества продукции;
- изучать концепцию киберфизических систем и технологий Индустрии 4.0 для автоматизации производства;
- развивать компетенции в области управления инженерными проектами, включая планирование, ресурсное обеспечение и контроль выполнения работ.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных	Знать: фундаментальные законы физики и математический аппарат, необходимые для решения инженерных задач, а также современные методы проектирования, конструирования и производства наукоемкой продукции. Уметь: применять полученные знания для решения физических, инженерных и профессиональных

	физических и инженерных задач.	задач, используя системы автоматизированного проектирования, конструкторскую и технологическую документацию, метрологические методы и технологии обработки материалов. Владеть: навыками комплексного решения профессиональных задач через интеграцию фундаментальных физических и инженерных подходов, методами проектирования, расчёта и управления инженерными проектами.
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением фундаментальных знаний из области физико-математических наук и инженерно-материаловедческих подходов	ОПК-2.1. Ставит научно-исследовательскую задачу в области физики и инженерии на основе поиска информации и выявления научной проблематики из области физико-математических наук и инженерии ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний из области физико-математических наук и практических подходов инженерии ОПК-2.3. Использует знания из области физико-математических наук и инженерии для решения задач из других сфер деятельности	Знать: фундаментальные законы физики, математический аппарат и инженерные подходы, необходимые для постановки и решения научно-исследовательских задач, а также методы проведения теоретических и экспериментальных исследований, включая междисциплинарные. Уметь: ставить научно-исследовательские задачи в области физики и инженерии на основе поиска информации и выявления проблематики; проектировать решение научно-исследовательских задач, используя фундаментальные знания и практические инженерные подходы; применять знания из области физико-математических наук и инженерии для решения задач из других сфер профессиональной деятельности. Владеть: навыками проведения теоретических и экспериментальных научных исследований с применением фундаментальных знаний и инженерно-материаловедческих подходов; методами интеграции физико-математических и инженерных знаний для решения междисциплинарных задач.
ОПК-3. Способен решать задачи и представлять	ОПК-3.1. Проводит конструкторские и инженерные расчеты,	Знать: современные информационные технологии, прикладные компьютерные

результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, прикладных компьютерных программ и работать с информацией в глобальных информационных сетях	моделирование физических процессов, испытательные работы с использованием современного программного обеспечения ОПК-3.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений	программы и программные средства для проведения конструкторских и инженерных расчётов, моделирования физических процессов и испытательных работ. Уметь: проводить конструкторские и инженерные расчёты, моделирование физических процессов и испытательные работы с использованием современного программного обеспечения; представлять результаты решения профессиональных задач с применением передовых цифровых и программных решений; работать с информацией в глобальных информационных сетях. Владеть: навыками использования информационных технологий и прикладных компьютерных программ для решения профессиональных задач, а также методами представления результатов деятельности с использованием современных цифровых решений.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Начертательная геометрия».

Цель изучения дисциплины: развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления, способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства, практически реализуемых в виде чертежей конкретных пространственных объектов и зависимостей.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: способы конструирования комплексных чертежей пространственных объектов (точек, прямых, плоскостей, линий и поверхностей) и метрические определения их взаимного положения; Уметь: логически и алгоритмически мыслить, абстрагировать и анализировать пространственные формы. Владеть: навыками выполнения и чтения чертежей, решения на чертежах задач, связанных с пространственными объектами и их зависимостями.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Начертательная геометрия» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством

электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в начертательную геометрию	Основные понятия и определения. Проецирование точки, прямой и плоскости на плоскость проекций. Комплексный чертёж.
2.	Методы проецирования	Центральное и параллельное проецирование. Свойства параллельного проецирования. Ортогональное проецирование и его свойства.
3.	Позиционные задачи	Взаимное положение точек, прямых и плоскостей. Пересечение прямой с плоскостью и двух плоскостей между собой. Определение видимости элементов чертежа.
4.	Метрические задачи	Определение расстояний и углов между геометрическими элементами. Построение взаимно перпендикулярных прямых, плоскостей и фигур.
5.	Способы преобразования чертежа	Способ замены плоскостей проекций и способ вращения вокруг проецирующей оси. Применение способов для решения позиционных и метрических задач.
6.	Кривые линии и поверхности	Классификация кривых линий и поверхностей. Поверхности вращения, линейчатые и нелинейчатые поверхности. Точка и линия на поверхности.
7.	Развёртки поверхностей	Развёртка многогранников и цилиндрических поверхностей. Приближённые развёртки конических и сферических поверхностей.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в начертательную геометрию.

Вопросы для обсуждения: Предмет и метод начертательной геометрии. Связь начертательной геометрии с технической физикой и конструированием. Основные задачи

курса.

Тема 2: Методы проецирования.

Вопросы для обсуждения: Центральное и параллельное проецирование. Ортогональное проецирование. Проецирование точки на две и три плоскости проекций. Проецирование отрезка прямой линии. Проецирование плоской фигуры.

Тема 3: Позиционные задачи.

Вопросы для обсуждения: Взаимное расположение точек, прямых и плоскостей. Пересечение прямой линии с плоскостью. Пересечение двух плоскостей. Построение линий пересечения поверхностей плоскостями. Взаимное пересечение поверхностей.

Тема 4: Метрические задачи.

Вопросы для обсуждения: Определение натуральной величины отрезка прямой. Определение расстояния от точки до прямой и до плоскости. Определение углов между прямыми, прямой и плоскостью, плоскостями. Задачи на построение перпендикуляров.

Тема 5: Способы преобразования чертежа.

Вопросы для обсуждения: Способ замены плоскостей проекций. Способ плоскопараллельного перемещения. Способ вращения вокруг проецирующей оси. Способ вращения вокруг линии уровня.

Тема 6: Кривые линии и поверхности.

Вопросы для обсуждения: Плоские кривые линии. Пространственные кривые линии. Классификация поверхностей. Поверхности вращения. Линейчатые поверхности.

Тема 7: Развёртки поверхностей.

Вопросы для обсуждения: Понятие развёртки поверхности. Развёртка многогранников. Развёртка цилиндрических поверхностей. Развёртка конических поверхностей. Приближённые развёртки неразвёртываемых поверхностей. Применение развёрток в конструировании физических приборов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в начертательную геометрию.

Вопросы для обсуждения: Форматы чертежей, масштабы, линии чертежа. Работа с чертёжными инструментами. Организация рабочего места чертёжника.

Тема 2: Методы проецирования.

Вопросы для обсуждения: Построение комплексного чертежа точки по координатам. Определение положения прямой относительно плоскостей проекций. Построение проекций плоской фигуры

Тема 3: Позиционные задачи.

Вопросы для обсуждения: Построение точки пересечения прямой с плоскостью. Построение линии пересечения двух плоскостей. Построение линии пересечения поверхности с плоскостью. Построение линии взаимного пересечения двух поверхностей.

Тема 4: Метрические задачи.

Вопросы для обсуждения: Определение натуральной величины отрезка способом прямоугольного треугольника. Определение расстояния от точки до плоскости. Определение угла между прямыми. Определение угла между прямой и плоскостью.

Тема 5: Способы преобразования чертежа.

Вопросы для обсуждения: Решение задач способом замены плоскостей проекций. Решение задач способом плоскопараллельного перемещения. Решение задач способом вращения. Комплексное применение способов преобразования.

Тема 6: Кривые линии и поверхности.

Вопросы для обсуждения: Построение эллипса, параболы, гиперболы по заданным параметрам. Построение винтовой линии. Построение проекций поверхностей вращения. Построение точек на поверхности вращения.

Тема 7: Развёртки поверхностей.

Вопросы для обсуждения: Построение развёртки правильной пирамиды. Построение

развёртки прямого кругового цилиндра. Построение развёртки прямого кругового конуса. Построение условной развёртки сферы.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Предмет и метод начертательной геометрии. Центральное и параллельное проецирование. Ортогональное проецирование точки, прямой, плоскости. Позиционные задачи. Пересечение прямой с плоскостью. Пересечение плоскостей. Пересечение поверхностей плоскостью. Взаимное пересечение поверхностей. Метрические задачи. Определение натуральной величины отрезка. Определение расстояний и углов. Способы преобразования чертежа. Замена плоскостей проекций. Плоскопараллельное перемещение. Вращение. Кривые линии. Поверхности вращения. Линейчатые поверхности. Развёртки поверхностей.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Построение комплексного чертежа точки. Построение проекций отрезка прямой. Определение положения прямой относительно плоскостей проекций. Построение проекций плоской фигуры. Построение точки пересечения прямой с плоскостью. Построение линии пересечения двух плоскостей. Построение линии пересечения поверхности с плоскостью. Определение натуральной величины отрезка. Определение расстояния от точки до плоскости. Определение углов. Решение задач способом замены плоскостей проекций. Решение задач способом вращения. Построение эллипса, параболы, гиперболы. Построение винтовой линии. Построение проекций поверхностей вращения. Построение развёртки пирамиды, цилиндра, конуса.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Методы проецирования. Комплексный чертёж точки, прямой, плоскости. Позиционные задачи. Построение линий пересечения. Метрические задачи. Определение натуральных величин, расстояний, углов. Способы преобразования чертежа. Кривые линии и поверхности. Развёртки поверхностей.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в начертательную геометрию	ОПК-1	Контрольная работа
Методы проецирования	ОПК-1	Контрольная работа
Позиционные задачи	ОПК-1	Контрольная работа
Метрические задачи	ОПК-1	Контрольная работа
Способы преобразования чертежа	ОПК-1	Контрольная работа
Кривые линии и поверхности	ОПК-1	Контрольная работа
Развёртки поверхностей	ОПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

1. Центральное и параллельное проецирование: основные понятия и свойства.
2. Ортогональное проецирование на две и три плоскости проекций: построение комплексного чертежа точки, прямой и плоскости.
3. Взаимное положение точек, прямых и плоскостей: определение видимости элементов чертежа.
4. Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.
5. Определение расстояний и углов между геометрическими элементами: примеры решения метрических задач.
6. Способ замены плоскостей проекций для решения позиционных и метрических задач: примеры применения.
7. Способ вращения вокруг проецирующей оси для решения позиционных и метрических задач: примеры применения.
8. Классификация кривых линий и поверхностей: примеры построения и анализа.
9. Развёртка многогранников и цилиндрических поверхностей: методы построения и примеры.
10. Приближённые развёртки конических и сферических поверхностей: методы

построения и анализ точности.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Основные понятия и определения начертательной геометрии.
2. Центральное и параллельное проецирование: основные понятия и свойства.
3. Ортогональное проецирование на две и три плоскости проекций: построение комплексного чертежа точки, прямой и плоскости.
4. Взаимное положение точек, прямых и плоскостей: определение видимости элементов чертежа.
5. Пересечение прямой с плоскостью и двух плоскостей между собой.
6. Определение расстояний и углов между геометрическими элементами: примеры решения метрических задач.
7. Построение взаимно перпендикулярных прямых, плоскостей и фигур.
8. Способ замены плоскостей проекций для решения позиционных и метрических задач: примеры применения.
9. Способ вращения вокруг проецирующей оси для решения позиционных и метрических задач: примеры применения.
10. Классификация кривых линий и поверхностей: примеры построения и анализа.
11. Точка и линия на поверхности: примеры построения.
12. Развёртка многогранников и цилиндрических поверхностей: методы построения и примеры.
13. Приближённые развёртки конических и сферических поверхностей: методы построения и анализ точности.
14. Позиционные задачи: взаимное расположение геометрических объектов.
15. Метрические задачи: определение расстояний, углов и площадей геометрических объектов.
16. Способы преобразования чертежа: замена плоскостей проекций и вращение вокруг проецирующих осей.
17. Кривые линии: классификация, способы построения и применение в начертательной геометрии.
18. Поверхности: классификация, способы задания и построение на чертеже.
19. Развёртки поверхностей: способы построения, применение и точность.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно	отлично	зачтено	86-100

		принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Зайцев, Ю. А. Начертательная геометрия: учебное пособие / Ю.А. Зайцев, И.П. Одинок, М.К. Решетников; под ред. Ю.А. Зайцева. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 248

с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-019996-2. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2150766>

2. Супрун, Л. И. Начертательная геометрия: учебник / Л. И. Супрун, Е. Г. Супрун. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2022. - 292 с. - ISBN 978-5-7638-4594-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2092916>

Дополнительная литература

1. Фролов, С. А. Начертательная геометрия: сборник задач: учебное пособие / С. А. Фролов. — 3-е изд., испр. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 172 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-014147-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1971060>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным

лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Инженерная и компьютерная графика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов навыков и знаний, необходимых для визуализации и реализации инженерных проектов. Курс объединяет принципы инженерного черчения и компьютерного проектирования (САПР), чтобы дать возможность создавать корректные и детализированные представления объектов и систем с учетом ГОСТ и ЕСКД.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: принципы технического черчения, включая ортогональную проекцию, изометрические виды и перспективные рисунки; типы линий, размеры и правилами масштабирования; инженерные стандарты и правила (ГОСТ, ЕСКД); Уметь: создавать технические чертежи как вручную, так и с использованием программного обеспечения САПР; создавать чертежи как отдельных деталей, так и сборочных чертежей; Владеть: чертежными инструментами, измерительными приборами и настройками аппаратного и программного обеспечения САПР.
ОПК-3. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, прикладных	ОПК-3.1. Проводит конструкторские и инженерные расчеты, моделирование физических процессов, испытательные работы с использованием современного программного обеспечения ОПК-3.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений	Знать: символы, обозначения и термины, используемых в технической документации; принципы геометрии, относящиеся к инженерной графике, такие как углы, формы и пересечения; специализированное ПО САПР; Уметь: создавать комплексную инженерную документацию, включающей чертежи, списки деталей и спецификации; пользоваться ТЗ и стандартами ЕСКД. Владеть: стандартами ЕСКД и ГОСТ при проектировании и оформлении чертежей и технической документации; различным САПР без

компьютерных программ и работать с информацией в глобальных информационных сетях		привязки к платформе; 3D редакторами другого назначения.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.	Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма. Выбор графического элемента в зависимости от постановки задачи. Растровый и векторный объект. 2D и 3D графика. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга. Системы виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей. Контроль версий при проектировании и разработке сложных объектов.
2.	Введение в компьютерную графику. 2D графика.	Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов (например, JPEG, PNG, SVG). Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении. Цветовые схемы RGB и CMYK. Разница между графикой на экране и при

		печати. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.
3.	Введение в компьютерную графику. 3D графика.	Понятие полигональной и параметрической модели и соответствующие форматы файлов (например, STL, OBJ, STEP) САПР - Системы Автоматизированного Проектирования и 3D редакторы различного назначения. Общее и различия в программном интерфейсе и работе. Адаптация моделей для 3d печати и для работы на ЧПУ- станках. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.
4.	Введение в инженерную графику.	Назначение инженерной графики. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Детализирование чертежа общего вида. Определение количества и содержания изображений на эскизах и чертежах деталей. Конструктивные и технологические элементы деталей.
5.	Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ	Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения. Термины и определения в ГОСТ. Нанесение размеров на чертежах.
6.	Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения	Изображения – виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305-2008). Основные положения и определения. Виды. Содержание и определение вида. Главный, основные, дополнительные и местные виды, их определение и расположение на чертеже. Обозначение дополнительных и местных видов на чертеже. Сечения. Определение и содержание сечения. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже. Условности и упрощения, применяемые при изображении видов, разрезов и сечений:
7.	Соединения.	Резьбы, типы резьб, условное обозначение резьб, крепежные детали, соединение сварное, соединение паяное шероховатость (микрогеометрия) поверхностей.
8.	3D-сборка и детализовка узлов.	Этапы создания 3D-сборки. Разница между деталями и сборками в программном обеспечении САПР. Использование параметров и ограничений для гибкого проектирования. Импорт компонентов в проект. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов. Обнаружение коллизий и доработка деталей. Расширенные функции сборки (движение и анимация, кинематика и динамика). Совместная работа и управление версиями.
9.	Правила выполнения электрических схем	Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении

		электрических компонент. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Специализированное ПО для рисования электрических схем. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний. Стандарт ЕСКД для выполнения электрических схем.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.

Вопросы для обсуждения: Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга. Системы виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей

Тема 2: Введение в компьютерную графику. 2D графика..

Вопросы для обсуждения: Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов. Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи.

Тема 3: Введение в компьютерную графику. 3D графика.

Вопросы для обсуждения: Понятие полигональной и параметрической модели и соответствующие форматы файлов. Общее и различия в программном интерфейсе и работе.

Тема 4: Введение в инженерную графику.

Вопросы для обсуждения: Назначение инженерной графики. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Конструктивные и технологические элементы деталей.

Тема 5: Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ.

Вопросы для обсуждения: Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения.

Тема 6: Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения.

Вопросы для обсуждения: Изображения – виды, разрезы, сечения. Сечения. Определение и содержание сечения. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже.

Тема 7: Соединения.

Вопросы для обсуждения: Резьбы, типы резьб.

Тема 8: 3D-сборка и детализация узлов.

Вопросы для обсуждения: Этапы создания 3D-сборки. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов. Обнаружение коллизий и доработка деталей.

Тема 9: Правила выполнения электрических схем.

Вопросы для обсуждения: Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении электрических компонент. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.

Вопросы для обсуждения: Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма. Выбор графического элемента в зависимости от постановки задачи. Растровый и векторный объект. 2D и 3D графика. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга. Системы виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Контроль версий при проектировании и разработке сложных объектов.

Тема 2: Введение в компьютерную графику. 2D графика..

Вопросы для обсуждения: Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов (например, JPEG, PNG, SVG). Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении. Цветовые схемы RGB и CMYK. Разница между графикой на экране и при печати. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.

Тема 3: Введение в компьютерную графику. 3D графика.

Вопросы для обсуждения: Понятие полигональной и параметрической модели и соответствующие форматы файлов (например, STL, OBJ, STEP) САПР - Системы Автоматизированного Проектирования и 3D редакторы различного назначения. Общее и различия в программном интерфейсе и работе. Адаптация моделей для 3d печати и для работы на ЧПУ- станках. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.

Тема 4: Введение в инженерную графику.

Вопросы для обсуждения: Назначение инженерной графики. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Детализирование чертежа общего вида. Определение количества и содержания изображений на эскизах и чертежах деталей. Конструктивные и технологические элементы деталей.

Тема 5: Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ.

Вопросы для обсуждения: Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения. Термины и определения в ГОСТ. Нанесение размеров на чертежах.

Тема 6: Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения.

Вопросы для обсуждения: Изображения – виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305-2008). Основные положения и определения. Виды. Содержание и определение вида. Главный, основные, дополнительные и местные виды, их определение и расположение на чертеже. Обозначение дополнительных и местных видов на чертеже. Сечения. Определение и содержание сечения. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже. Условности и упрощения, применяемые при изображении видов, разрезов и сечений:

Тема 7: Соединения.

Вопросы для обсуждения: Резьбы, типы резьб, условное обозначение резьб, крепежные детали, соединение сварное, соединение паяное шероховатость (микрогеометрия) поверхностей.

Тема 8: 3D-сборка и детализовка узлов.

Вопросы для обсуждения: Этапы создания 3D-сборки. Разница между деталями и сборками в программном обеспечении САПР. Использование параметров и ограничений для гибкого проектирования. Импорт компонентов в проект. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов. Обнаружение коллизий и доработка деталей. Расширенные функции сборки (движение и анимация,

кинематика и динамика). Совместная работа и управление версиями.

Тема 9: Правила выполнения электрических схем.

Вопросы для обсуждения: Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении электрических компонент. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Специализированное ПО для рисования электрических схем. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний. Стандарт ЕСКД для выполнения электрических схем.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в компьютерную графику. 2D графика. Введение в компьютерную графику. 3D графика. Введение в инженерную графику. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ. Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения. Соединения. 3D-сборка и детализовка узлов. Правила выполнения электрических схем.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Введение в компьютерную графику. 2D графика. Введение в компьютерную графику. 3D графика. Введение в инженерную графику. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ. Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения. Соединения. 3D-сборка и детализовка узлов. Правила выполнения электрических схем.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных

работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
Введение в компьютерную графику. 2D графика.	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
Введение в компьютерную графику. 3D графика.	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
Введение в инженерную графику.	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
Соединения.	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
3D-сборка и детализовка узлов.	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа
Правила выполнения электрических схем	ОПК-1, ОПК-3	Опрос, контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.»

1. Для общеупотребимого объекта на выбор сделайте набросок, эскиз и чертеж, на бумаге с помощью карандаша, линейки и циркуля
2. Для общеупотребимого объекта на выбор сделайте набросок, эскиз и чертеж на компьютере с использованием графического ПО

По теме «Введение в компьютерную графику. 2D графика.»

1. Создайте схему помещения с сохранением масштаба, в котором проводится работа и сохраните результат в растровом и векторном форматах.
2. После выполнения задания 1, разместите на имеющейся схеме помещения настольный фрезерный станок с ЧПУ 400x600x200mm
3. Создайте набросок кружки в нескольких видах в масштабе на компьютере с использованием графического ПО.

По теме «Введение в компьютерную графику. 3D графика.»

1. В программе 3D-моделирования создайте модель кота из трехмерных геометрических примитивов – куба, сферы, цилиндра, конуса, используя базовые операции над примитивами – перемещение, поворот, скалирование.
2. В программе 3D-моделирования создайте модель кота, используя один геометрических примитивов и операции преобразования формы примитива.
3. В программе 3D-моделирования создайте модель кота, с помощью преобразований над плоским рисунком, такими как выдавливание, булевы операции, получения тела поворотом плоского контура.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма.
2. Выбор графического элемента в зависимости от постановки задачи.
3. Растровый и векторный объект. 2D и 3D графика.
4. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга.
5. Контроль версий при проектировании и разработке сложных объектов.
6. Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов (например, JPEG, PNG, SVG). Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении.
7. Цветовые схемы RGB и CMYK. Разница между графикой на экране и при печати.
8. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи.
9. Понятие полигональной и параметрической модели и соответствующие форматы файлов (например, STL, OBJ, STEP)
10. САПР - Системы Автоматизированного Проектирования и 3D редакторы различного назначения.
11. Адаптация моделей для 3d печати и для работы на ЧПУ- станках.
12. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.
13. Назначение инженерной графики.
14. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Детализирование чертежа общего вида.
15. Определение количества и содержания изображений на эскизах и чертежах деталей.
16. Конструктивные и технологические элементы деталей.
17. Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения.
18. Термины и определения в ГОСТ. Нанесение размеров на чертежах.
19. Изображения – виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305-2008). Основные положения и определения.
20. Виды. Содержание и определение вида. Главный, основные, дополнительные и местные виды, их определение и расположение на чертеже.
21. Обозначение дополнительных и местных видов на чертеже. Сечения. Определение и содержание сечения.

22. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже.
23. Условности и упрощения, применяемые при изображении видов, разрезов и сечений.
24. Резьбы, типы резьб, условное обозначение резьб, крепежные детали, соединение сварное, соединение паяное шероховатость (микрогеометрия) поверхностей.
25. Этапы создания 3D-сборки. Разница между деталями и сборками в программном обеспечении САПР.
26. Использование параметров и ограничений для гибкого проектирования. Импорт компонентов в проект.
27. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов.
28. Обнаружение коллизий и доработка деталей. Расширенные функции сборки (движение и анимация, кинематика и динамика). Совместная работа и управление версиями.
29. Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении электрических компонент.
30. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Специализированное ПО для рисования электрических схем.
31. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний. Стандарт ЕСКД для выполнения электрических схем.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более	Включает нижестоящий уровень. Способность	хорошо		71-85

	широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Зеленый П. В. Инженерная графика. Практикум [Электронный учебник]: учебное пособие / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова; под ред. П. В. Зеленого. - ИНФРАМНовое знание, 2012. - 1 on-line, 303 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/240288>
2. Колесниченко Н. М. Инженерная и компьютерная графика [Электронный учебник]: учебное пособие / Н. М. Колесниченко, Н. Н. Черняева. - Инфра-Инженерия, 2021. - 1 on-line, 236 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?pid=1833114>
3. Максименко Л. А. Выполнение планов зданий в среде AutoCAD [Электронный учебник]: учебное пособие / Л. А. Максименко, Г. М. Утина. - НГТУ, 2012. - 1 on-line, 78 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?pid=546014>
4. Учаев П. Н. Инженерная графика [Электронный учебник]: учебник / П. Н. Учаев, А. Г. Локтионов, К. П. Учаева; ред. П. Н. Учаев. - Инфра-Инженерия, 2021. - 1 on-line, 304 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1833112>
5. Чекмарев А. А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение [Электронный учебник]: учебник / А. А. Чекмарев. - ИНФРА-М, 2021. - 1 on-line, 396 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1455685>

Дополнительная литература

1. Колесниченко Н. М. Инженерная и компьютерная графика [Электронный учебник]: учебное пособие / Н. М. Колесниченко, Н. Н. Черняева. - Инфра-Инженерия, 2021. - 1 online, 236 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?pid=1833114>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение;
- специализированное ПО: КОМПАС-3D, Blender, MS PAINT, Inkscape, Gimp, Free CAD.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Конструкторская и технологическая документация».

Цель изучения дисциплины: формирование навыков разработки и оформления конструкторских документов, а также организации и управления процессом технологической подготовки производства.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия, принципы и методы разработки конструкторской документации; стандарты конструкторской документации; Уметь: проводить анализ структуры и содержания конструкторских документов; контролировать качество конструкторских документов. Владеть: навыками оформления чертежей, схем и текстовых документов; навыками автоматизации проектирования и разработки конструкторских документов в системах САПР.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Конструкторская и технологическая документация» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в конструкторскую документацию	Цели и задачи конструкторской документации в наукоемком производстве. Виды конструкторских документов. Единая система конструкторской документации: структура, основные стандарты. Жизненный цикл изделия и роль документации на этапах разработки, производства, эксплуатации. Основные правила оформления конструкторских документов
2.	Чертежи деталей и сборочных единиц	Виды чертежей: детализовочный, сборочный, габаритный, монтажный. Правила выполнения чертежей деталей. Нанесение размеров, предельных отклонений, обозначений шероховатости и покрытий. Сборочный чертеж: условности и упрощения, спецификация, номера позиций. Чтение и детализирование сборочных чертежей применительно к изделиям наукоемкого приборостроения.
3.	Схемы и текстовые документы	Классификация схем. Правила выполнения схем в соответствии со стандартами ЕСКД. Текстовые конструкторские документы: пояснительная записка, технические условия, инструкции, ведомости. Структура и оформление текстовых документов. Особенности текстовой документации для физических установок и наукоемких приборов.
4.	Стандартизация и унификация конструкторских документов	Принципы стандартизации в конструкторской документации. Унификация типовых деталей, узлов и сборочных единиц. Нормативно-техническая документация в наукоемком производстве. Базы нормативной документации: работа с информационно-поисковыми системами в глобальных сетях.
5.	Автоматизация проектирования и разработки конструкторских документов в САПР	Обзор современных CAD-систем для наукоемких производств. Создание 3D-моделей деталей и сборочных единиц. Автоматическое получение чертежей и спецификаций из 3D-модели. Электронный документооборот. Цифровые двойники и их документирование в прикладной физике
6.	Технологическая подготовка производства	Задачи технологической подготовки производства в наукоемкой продукции. Единая система

		технологической документации: состав и правила оформления. Маршрутные и операционные карты, ведомости оснастки и материалов. Взаимосвязь конструкторской и технологической документации на этапе серийного и единичного производства. Современные информационные технологии в технологической подготовке производства.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в конструкторскую документацию.

Вопросы для обсуждения: понятие и виды конструкторских документов. Структура и основные стандарты ЕСКД. Жизненный цикл изделия и роль документации. Основные правила оформления.

Тема 2: Чертежи деталей и сборочных единиц.

Вопросы для обсуждения: Виды чертежей: детализовочный, сборочный, габаритный, монтажный. Правила выполнения чертежей деталей. Нанесение размеров, отклонений, шероховатости и покрытий. Сборочный чертеж: условности, упрощения, спецификация.

Тема 3: Схемы и текстовые документы.

Вопросы для обсуждения: Классификация схем. Правила выполнения схем по ЕСКД. Структура и оформление текстовых документов.

Тема 4: Стандартизация и унификация конструкторских документов.

Вопросы для обсуждения: Принципы стандартизации в конструкторской документации. Унификация типовых деталей и узлов. Виды нормативно-технической документации. Взаимозаменяемость, допуски и посадки.

Тема 5: Автоматизация проектирования и разработки конструкторских документов в САПР.

Вопросы для обсуждения: Обзор CAD-систем для наукоемких производств. Создание 3D-моделей деталей и сборочных единиц. Автоматическое получение чертежей и спецификаций из 3D-модели.

Тема 6: Технологическая подготовка производства

Вопросы для обсуждения: Задачи технологической подготовки производства. Единая система технологической документации. Маршрутные и операционные карты, ведомости. Взаимосвязь конструкторской и технологической документации.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение в конструкторскую документацию.

Вопросы для обсуждения: Работа с форматами, масштабами и линиями чертежа. Чтение основной надписи (штампа) конструкторского документа. Поиск стандартов ЕСКД в информационных сетях.

Тема 2: Чертежи деталей и сборочных единиц.

Вопросы для обсуждения: Выполнение чертежа детали по заданным размерам. Нанесение размеров и предельных отклонений. Составление спецификации и чтение сборочного

чертежа. Детализация сборочного чертежа.

Тема 3: Схемы и текстовые документы.

Вопросы для обсуждения: Выполнение кинематической или электрической схемы по образцу. Оформление фрагмента пояснительной записки. Составление ведомости документов.

Тема 4: Стандартизация и унификация конструкторских документов.

Вопросы для обсуждения: Определение допусков и посадок по таблицам ЕСКД. Проверка документации на соответствие стандартам.

Тема 5: Автоматизация проектирования и разработки конструкторских документов в САПР.

Вопросы для обсуждения: Создание 3D-модели детали в САД-системе. Получение чертежа из 3D-модели.

Тема 6: Технологическая подготовка производства

Вопросы для обсуждения: Разработка маршрутной карты технологического процесса. Заполнение ведомости оснастки и материалов. Согласование конструкторской документации с технологической.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Понятие и виды конструкторских документов. ЕСКД. Правила оформления чертежей. Виды чертежей. Сборочный чертеж и спецификация. Классификация и правила выполнения схем. Текстовые конструкторские документы. Стандартизация и унификация. Нормативно-техническая документация. Взаимозаменяемость, допуски и посадки. Маршрутные и операционные карты.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Чтение основной надписи чертежа. Нанесение размеров и предельных отклонений. Выполнение чертежа детали. Детализация сборочного чертежа. Составление спецификации. Выполнение кинематической или электрической схемы. Оформление фрагмента пояснительной записки. Определение допусков и посадок по таблицам. Создание 3D-модели детали в САД-системе. Получение чертежа из 3D-модели. Разработка маршрутной карты.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура и основные стандарты ЕСКД. Виды и правила выполнения чертежей. Сборочный чертеж и спецификация. Классификация и выполнение схем. Оформление текстовых конструкторских документов. Стандартизация, унификация, виды нормативно-технической документации. Допуски, посадки, взаимозаменяемость. САД-системы и автоматизация создания документации. Состав и правила оформления ЕСТД. Маршрутные и операционные карты.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных

ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в конструкторскую документацию	ОПК-1	Тестирование
Чертежи деталей и сборочных единиц	ОПК-1	Контрольная работа
Схемы и текстовые документы	ОПК-1	Контрольная работа
Стандартизация и унификация конструкторских документов	ОПК-1	Тестирование
Автоматизация проектирования и разработки конструкторских документов в САПР	ОПК-1	Контрольная работа
Технологическая подготовка производства	ОПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

1. Какой масштаб соответствует увеличению изображения на чертеже?

- А) 1:1
- Б) 1:2
- В) 2:1
- Г) 1:5

2. Какой конструкторский документ содержит перечень всех составных частей сборочной единицы?

- А) Пояснительная записка
- Б) Спецификация
- В) Технические условия
- Г) Схема

3. Какой вид схемы используется для отображения трассы и оптических элементов в приборах физических установок?

- А) Электрическая схема
- Б) Кинематическая схема
- В) Оптическая схема
- Г) Пневматическая схема

4. Какой документ относится к технологической документации согласно ЕСТД?

- А) Чертеж детали
- Б) Сборочный чертеж
- В) Маршрутная карта
- Г) Спецификация

5. Что указывается в основной надписи чертежа детали физического прибора?

- А) Только наименование детали
- Б) Наименование детали, масштаб, материал, масса, разрабатывающая организация
- В) Только размеры детали
- Г) Только технические требования

6. Какой раздел конструкторской документации регламентирует требования к материалам деталей, работающих в вакууме?

- А) Технические условия
- Б) Пояснительная записка
- В) Спецификация
- Г) Программа и методика испытаний

7. Что обозначает посадка в системе отверстия для прецизионных узлов физических приборов?

- А) Зазор гарантирован
- Б) Натяг гарантирован
- В) Переходная посадка
- Г) Свободная посадка

8. Какая стадия разработки конструкторской документации предшествует выпуску опытного образца?

- А) Техническое предложение
- Б) Эскизный проект
- В) Технический проект
- Г) Рабочая документация

9. Какой из перечисленных документов входит в комплект текстовой конструкторской документации на физическую установку?

- А) Маршрутная карта
- Б) Пояснительная записка
- В) Карта эскизов

Г) Технологическая инструкция

10. В какой системе координат выполняется 3D-моделирование деталей для наукоемкого приборостроения?

А) В декартовой системе координат

Б) В полярной системе координат

В) В сферической системе координат

Г) В произвольной системе координат

Типовые задания контрольных работ:

Вариант 1

1. Дайте определение сборочного чертежа. Перечислите его основные элементы.
2. Выполните эскиз детали «Вал» с нанесением размеров и шероховатости (по заданным габаритам).
3. Составьте спецификацию для сборочной единицы, содержащей не менее 5 деталей.

Вариант 2

1. Перечислите стадии разработки конструкторской документации согласно ЕСКД.
2. По чертежу сборочной единицы определите номера позиций деталей в спецификации.
3. Создайте 3D-модель детали «Пластина» и получите чертеж в САД-системе.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Понятие конструкторской документации. Виды конструкторских документов.
2. Структура и основные стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).
3. Жизненный цикл изделия и роль конструкторской документации на его этапах.
4. Основные правила оформления чертежей: форматы, масштабы, линии, шрифты.
5. Основная надпись чертежа: состав, расположение, правила заполнения.
6. Виды чертежей: детализовочный, сборочный, габаритный, монтажный.
7. Правила выполнения чертежей деталей (виды, разрезы, сечения, выносные элементы).
8. Нанесение размеров на чертежах. Предельные отклонения размеров.
9. Обозначение шероховатости поверхности на чертежах.
10. Сборочный чертёж: условности и упрощения. Номера позиций.
11. Спецификация: назначение, форма, правила заполнения.
12. Чтение и детализирование сборочного чертежа.
13. Классификация схем: кинематические, электрические, оптические, гидравлические, пневматические.
14. Правила выполнения оптических схем для физических приборов и установок.
15. Правила выполнения кинематических схем.
16. Текстовые конструкторские документы: пояснительная записка, технические условия, инструкции.
17. Структура и правила оформления пояснительной записки.
18. Стандартизация в конструкторской документации: цели, задачи, принципы.
19. Виды нормативно-технической документации (ГОСТ, ОСТ, СТП, ТУ). Их применение в наукоёмком производстве.
20. Унификация типовых деталей, узлов и сборочных единиц.
21. Взаимозаменяемость. Система допусков и посадок (ЕСДП).
22. Понятие качества, основного отверстия и основного вала.
23. Обзор современных САД-систем, применяемых в приборостроении.
24. Создание 3D-моделей деталей и сборочных единиц в САД-системе.
25. Автоматическое получение чертежей и спецификаций из 3D-модели.

26. PDM-системы: назначение, функции. Управление электронным архивом конструкторской документации.
27. Понятие цифрового двойника и его документирование в прикладной физике.
28. Задачи и этапы технологической подготовки производства (ТПП) в наукоёмкой продукции.
29. Единая система технологической документации (ЕСТД): состав и правила оформления.
30. Маршрутные и операционные карты. Взаимосвязь конструкторской и технологической документации.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и	хорошо		71-85

	самостоятельности и инициативы	иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяет (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Рябова, Л. И. Основы работы с технической документацией / Л. И. Рябова, Е. Д. Гордина. – Москва: Инфра-Инженерия, 2025. – 152 с. – ISBN 978-5-9729-2195-9. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=469582>

2. Дополнительная литература

1. Сорокин, Н. П. Инженерная графика: учебник для вузов / Н. П. Сорокин, Е. Д. Ольшевский, А. Н. Заикина, Е. И. Шибанова. — 7-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 432 с. — ISBN 978-5-507-47522-3. — URL: <https://e.lanbook.com/book/74681>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Системы автоматизированного проектирования».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области автоматизированного проектирования изделий приборостроения, включая владение современными CAD-системами для трёхмерного моделирования, создания конструкторской документации и инженерных расчётов, необходимых для решения профессиональных задач в сфере прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-3. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий, прикладных компьютерных программ и работать с информацией в глобальных информационных сетях	ОПК-3.1. Проводит конструкторские и инженерные расчеты, моделирование физических процессов, испытательные работы с использованием современного программного обеспечения ОПК-3.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений	Знать: современные системы автоматизированного проектирования, их функциональные возможности, принципы работы и области применения для проведения конструкторских и инженерных расчётов, моделирования физических процессов. Уметь: проводить конструкторские и инженерные расчёты, моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения САПР; представлять результаты решения профессиональных задач с применением передовых цифровых и программных решений. Владеть: навыками работы в системах автоматизированного проектирования для создания моделей изделий, оформления конструкторской документации и подготовки результатов проектирования с использованием современных информационных технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» представляет собой

дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в САПР	Основные понятия, цели и задачи автоматизированного проектирования. Классификация САПР (по назначению, масштабу, сложности). Структура и функциональные подсистемы САПР. Жизненный цикл изделия и роль САПР.
2.	Математическое и программное обеспечение САПР	Методы геометрического моделирования. Способы задания кривых и поверхностей. Основы вычислительной геометрии.
3.	Твердотельное и параметрическое моделирование	Принципы построения 3D-моделей. Конструктивные элементы: эскиз, операции (выдавливание, вращение, кинематическая, по сечениям). Параметризация и редактирование модели. Дерево построения.
4.	Создание конструкторской документации в САПР	Формирование чертежей из 3D-моделей: виды, разрезы, сечения. Простановка размеров, допусков, обозначений шероховатости. Оформление спецификаций и сборочных чертежей. Автоматическая генерация таблиц.
5.	Сборочное моделирование и анализ механизмов	Создание цифровых сборочных единиц. Типы сопряжений (жёсткие, кинематические). Анализ интерференций и зазоров. Моделирование движения

		механизмов. Анимация работы сборки.
6.	Инженерные расчёты в САПР	Основы метода конечных элементов. Прочностной анализ (статический расчёт). Тепловые, гидродинамические и динамические расчёты. Оптимизация конструкции по массовым и прочностным характеристикам.
7.	Стандарты обмена данными и интеграция САПР	Форматы обмена геометрической информацией. Связь САПР с системами управления производством. Совместная работа над проектом (облачные сервисы).
8.	Современные направления развития САПР	Генеративный дизайн и топологическая оптимизация. Цифровые двойники. Облачные САПР. Применение искусственного интеллекта в проектировании.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в САПР

Вопросы для обсуждения: Определение САПР, цели и задачи автоматизированного проектирования. Классификация САПР по назначению, масштабу и сложности. Структура и функциональные подсистемы САПР. Жизненный цикл изделия и роль САПР на каждом этапе.

Тема 2: Математическое и программное обеспечение САПР

Вопросы для обсуждения: Математические модели геометрических объектов. Способы задания кривых и поверхностей. Основы вычислительной геометрии. Обзор современных CAD-систем. Критерии выбора программного обеспечения для наукоемких производств.

Тема 3: Твердотельное и параметрическое моделирование

Вопросы для обсуждения: Принципы построения трёхмерных моделей. Конструктивные элементы: эскиз, операции формообразования. Параметризация и ассоциативность. Дерево построения модели. Создание конфигураций и семейств деталей.

Тема 4: Создание конструкторской документации в САПР

Вопросы для обсуждения: Формирование чертежей из 3D-моделей: виды, разрезы, сечения. Простановка размеров, допусков, обозначений шероховатости и баз. Оформление спецификаций и сборочных чертежей. Автоматическая генерация таблиц, экспликаций. Требования ЕСКД к электронным документам.

Тема 5: Сборочное моделирование и анализ механизмов

Вопросы для обсуждения: Создание цифровых сборочных единиц. Типы сопряжений. Анализ интерференций и зазоров. Моделирование движения механизмов, кинематический анализ. Построение траекторий, определение скоростей и ускорений. Анимация работы сборки.

Тема 6: Инженерные расчёты в САПР

Вопросы для обсуждения: Основы метода конечных элементов. Прочностной анализ: статический расчёт, определение напряжений и деформаций. Тепловые, гидродинамические и динамические расчёты. Оптимизация конструкции по массовым и прочностным характеристикам. Интерпретация результатов и оформление отчётов.

Тема 7: Стандарты обмена данными и интеграция САПР

Вопросы для обсуждения: Форматы обмена геометрической информацией. Проблемы

совместимости и потери данных. Связь САПР с системами управления производством. Организация совместной работы над проектом с использованием облачных сервисов.

Тема 8: Современные направления развития САПР

Вопросы для обсуждения: Генеративный дизайн и топологическая оптимизация. Цифровые двойники в проектировании. Облачные САПР. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в САПР. Интеграция с аддитивными технологиями. Виртуальная и дополненная реальность.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в САПР

Вопросы для обсуждения: Ориентация в интерфейсе конкретной CAD-системы. Настройка рабочей среды. Создание и сохранение проекта. Импорт и экспорт файлов. Знакомство с библиотеками стандартных элементов.

Тема 2: Математическое и программное обеспечение САПР

Вопросы для обсуждения: Построение кривых по заданным точкам. Создание сплайнов и поверхностей. Использование библиотек стандартных элементов. Выбор формата модели для передачи между различными CAD-системами.

Тема 3: Твердотельное и параметрическое моделирование

Вопросы для обсуждения: Построение эскиза с наложением геометрических и размерных зависимостей. Формообразование детали с использованием операций выдавливания, вращения, кинематической и по сечениям. Редактирование параметров модели. Создание управляемой размером конфигурации.

Тема 4: Создание конструкторской документации в САПР

Вопросы для обсуждения: Генерация чертежа из 3D-модели. Оформление видов, разрезов, сечений. Простановка размеров, допусков, шероховатости. Составление спецификации на сборочную единицу. Экспорт чертежа в различные форматы.

Тема 5: Сборочное моделирование и анализ механизмов

Вопросы для обсуждения: Сборка деталей с использованием сопряжений. Проверка на интерференции. Назначение кинематических связей. Исследование перемещений и углов поворота звеньев. Построение графиков скоростей и ускорений.

Тема 6: Инженерные расчёты в САПР

Вопросы для обсуждения: Подготовка модели для прочностного расчёта: задание материала, граничных условий, нагрузок. Запуск статического расчёта методом конечных элементов. Анализ полей напряжений, деформаций и запаса прочности. Оформление отчёта.

Тема 7: Стандарты обмена данными и интеграция САПР

Вопросы для обсуждения: Экспорт модели в различные форматы. Сравнение качества геометрии при экспорте в разные форматы. Управление версиями.

Тема 8: Современные направления развития САПР

Вопросы для обсуждения: Выполнение упражнений по генеративному дизайну. Создание упрощённой анимации работы узла. Работа в облачной CAD-системе.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в САПР. Математическое и программное обеспечение САПР. Твердотельное и параметрическое моделирование. Создание конструкторской документации в САПР. Сборочное моделирование и анализ механизмов. Инженерные расчёты в САПР. Стандарты обмена данными и интеграция САПР. Современные направления развития САПР.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение

упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Ориентация в интерфейсе САД-системы. Построение кривых и поверхностей. Создание твёрдотельных моделей с параметризацией. Генерация чертежей и оформление спецификаций. Сборочное моделирование и кинематический анализ. Прочностной расчёт методом конечных элементов. Экспорт и импорт моделей в различных форматах. Генеративный дизайн и анимация.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация и структура САПР. Математические модели геометрии. Принципы параметризации и ассоциативности. Правила оформления чертежей по ЕСКД. Типы сопряжений в сборках. Основы метода конечных элементов. Форматы обмена данными. Современные технологии: цифровые двойники, облачные САПР, генеративный дизайн.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой	Оценочные средства по этапам формирования

	компетенции (или ее части)	компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в САПР	ОПК-3	Тестирование
Математическое и программное обеспечение САПР	ОПК-3	Практическая работа
Твердотельное и параметрическое моделирование	ОПК-3	Практическая работа
Создание конструкторской документации в САПР	ОПК-3	Практическая работа
Сборочное моделирование и анализ механизмов	ОПК-3	Практическая работа
Инженерные расчёты в САПР	ОПК-3	Практическая работа
Стандарты обмена данными и интеграция САПР	ОПК-3	Практическая работа
Современные направления развития САПР	ОПК-3	Практическая работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в САПР»

- Что означает аббревиатура САПР?**
 - Система Автоматического Проектирования и Расчёта
 - Система Автоматизированного Проектирования
 - Сборник Алгоритмов Проектных Работ
 - Система Анализа Проектных Решений
- Какая основная цель внедрения САПР?**
 - Полная замена конструктора компьютером
 - Сокращение времени и трудоёмкости проектирования при повышении качества
 - Увеличение численности проектного отдела
 - Создание красивых трёхмерных картинок
- Что из перечисленного НЕ является функциональной подсистемой САПР?**
 - CAD (Computer-Aided Design)
 - CAE (Computer-Aided Engineering)
 - CRM (Customer Relationship Management)
 - CAM (Computer-Aided Manufacturing)
- Что такое жизненный цикл изделия (ЖЦИ)?**
 - Время от начала проектирования до утилизации изделия
 - Период работы изделия до первого ремонта
 - Гарантийный срок службы
 - Время производства одной детали
- Какой тип САПР предназначен для инженерных расчётов (прочность, теплопередача)?**
 - CAD
 - CAE
 - CAM
 - PDM
- Какая система относится к CAD-системам среднего уровня?**
 - SolidWorks

- б) CATIA
 - в) NX
 - г) MathCAD
7. **Что понимается под параметризацией в САПР?**
- а) Возможность вращать модель в пространстве
 - б) Установление зависимостей между геометрическими параметрами модели
 - в) Экспорт модели в формат PDF
 - г) Автоматическое создание чертежа
8. **Как называется стадия проектирования, на которой разрабатывается техническая документация для производства?**
- а) Техническое предложение
 - б) Эскизный проект
 - в) Рабочая документация
 - г) Технический проект
9. **Какой стандарт регламентирует оформление конструкторской документации в России?**
- а) ISO 9001
 - б) ЕСКД
 - в) ГОСТ 2.105
 - г) ОСТ 1.0
10. **Что такое ассоциативность в САПР?**
- а) Одновременная работа нескольких пользователей
 - б) Автоматическое обновление чертежа при изменении 3D-модели
 - в) Связь САПР с сервером предприятия
 - г) Шифрование проектных данных
11. **Для чего предназначена система PDM?**
- а) Для управления инженерными данными и документооборотом
 - б) Для конечно-элементного анализа
 - в) Для подготовки управляющих программ для станков ЧПУ
 - г) Для фотореалистичной визуализации
12. **Какая система автоматизирует подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ?**
- а) CAD
 - б) CAE
 - в) CAM
 - г) PLM
13. **Что из перечисленного является преимуществом 3D-моделирования перед 2D-черчением?**
- а) Более низкая стоимость программного обеспечения
 - б) Возможность расчёта массо-инерционных характеристик
 - в) Отсутствие необходимости в чертежах
 - г) Упрощение печати документации
14. **На каком этапе жизненного цикла САПР наиболее активно используется для расчёта надёжности?**
- а) Маркетинговое исследование
 - б) Конструкторская разработка
 - в) Производство
 - г) Эксплуатация
15. **Какая из перечисленных систем относится к тяжёлым (high-end) CAD-системам?**
- а) Компас-3D
 - б) AutoCAD

- в) CATIA
- г) Solid Edge

Типовые задания практических:

Практическая работа № 1

Тема: Параметрическое твердотельное моделирование детали типа «Корпус»

Раздел: Твердотельное и параметрическое моделирование

Цель работы: освоение основных операций формообразования в САД-системе (выдавливание, вращение, кинематическая операция, по сечениям), приобретение навыков наложения геометрических и размерных зависимостей в эскизе, создание параметрической модели детали.

Задание

1. Подготовка к работе

- Создайте новый файл «Деталь» в выбранной САД-системе.
- Настройте единицы измерения (миллиметры, граммы).
- Изучите эскиз детали «Корпус» (рисунок 1 – раздается преподавателем).

2. Построение первого эскиза

- Выберите плоскость построения (Фронтальная / XY).
- Постройте эскиз основания корпуса, нанесите размерные зависимости (длина, ширина, радиусы скруглений).
- Используйте геометрические зависимости (вертикальность, горизонтальность, равенство отрезков).
- Выйдите из режима эскиза.

3. Формообразование основной части

- Выполните операцию «Выдавливание» на высоту 25 мм.
- Задайте направление выдавливания «Средняя плоскость» (симметричное выдавливание).

4. Создание полости внутри корпуса

- Постройте второй эскиз на верхней плоскости детали.
- Выполните эскиз внутреннего контура (прямоугольник со скруглениями).
- Примените операцию «Выдавливание с удалением материала» (вырез) на глубину 20 мм.

5. Создание фланцев для крепления

- Постройте эскиз на боковой грани детали.
- Нарисуйте два круга диаметром 10 мм (центры на расстоянии 40 мм от края).
- Примените операцию «Выдавливание» длиной 10 мм от поверхности.

6. Создание отверстий

- Выполните эскиз на верхней плоскости фланца.
- Поставьте точки для отверстий диаметром 6 мм.
- Примените операцию «Вырез выдавливанием» (через все).
- Аналогично создайте отверстия на противоположном фланце.

7. Добавление скруглений и фасок

- Выполните скругление всех внешних рёбер радиусом 2 мм.
- На внутренние грани отверстий добавьте фаску $1 \times 45^\circ$.

8. Параметризация модели

- Переименуйте в дереве построения основные размеры: «Длина_основания», «Ширина_основания», «Высота_корпуса», «Глубина_полости», «Диаметр_отверстия».
- Установите глобальные переменные (при наличии функции):
 - $L = 100$ (длина корпуса)
 - $H = 25$ (высота корпуса)

- $D = 6$ (диаметр отверстия)
- Измените значение глобальной переменной L на 120 мм. Убедитесь, что модель перестроилась корректно.

9. Определение физических свойств

- Назначьте материалу детали «Алюминий 6061» или «Сталь 45» (из библиотеки материалов).
- Определите массу, объём и центр масс детали.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Определение САПР, цели и задачи автоматизированного проектирования. Классификация САПР по назначению, масштабу и сложности.
2. Структура и функциональные подсистемы САПР. Их назначение и взаимосвязь.
3. Жизненный цикл изделия. Роль САПР на каждом этапе жизненного цикла.
4. Математическое обеспечение САПР: способы задания кривых и поверхностей. Основы вычислительной геометрии.
5. Сравнительный анализ современных CAD-систем. Критерии выбора для наукоёмких производств.
6. Принципы твердотельного моделирования. Конструктивные элементы: эскиз, операции формообразования.
7. Параметризация и ассоциативность в САПР. Дерево построения модели. Создание конфигураций и семейств деталей.
8. Создание конструкторской документации в САПР. Формирование чертежей из 3D-моделей: виды, разрезы, сечения.
9. Оформление спецификаций и сборочных чертежей. Автоматическая генерация таблиц, экспликаций. Требования ЕСКД к электронным документам.
10. Сборочное моделирование: создание цифровых сборочных единиц. Типы сопряжений.
11. Анализ интерференций и зазоров в сборке. Методы проверки и устранения коллизий.
12. Кинематический анализ механизмов в САПР. Моделирование движения, построение траекторий, определение скоростей и ускорений.
13. Основы метода конечных элементов. Прочностной анализ: статический расчёт, определение напряжений и деформаций.
14. Тепловые, гидродинамические и динамические расчёты в CAE-системах. Постановка граничных условий и нагрузок.
15. Оптимизация конструкции по массовым и прочностным характеристикам. Интерпретация результатов расчётов и оформление отчётов.
16. Форматы обмена геометрической информацией. Проблемы совместимости и потери данных.
17. Интеграция САПР с системами управления производством. Управление версиями и документооборот.
18. Организация совместной работы над проектом с использованием облачных сервисов и PLM-систем.
19. Генеративный дизайн и топологическая оптимизация. Принципы работы, преимущества и ограничения.
20. Цифровые двойники в проектировании. Определение, способы создания и применения.
21. Облачные САПР. Особенности, преимущества и недостатки по сравнению с традиционными САПР.
22. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в САПР: автоматическая генерация моделей, рекомендации по конструкции.
23. Интеграция САПР с аддитивными технологиями. Подготовка моделей к печати, ориентация, поддержка.

24. Использование виртуальной и дополненной реальности в проектировании. Визуализация и тестирование цифровых прототипов.
25. Правовые и нормативные аспекты использования САПР: лицензирование, защита интеллектуальной собственности, требования к электронной документации.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или	хорошо		71-85

		обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Зубкова, Т. М. Построение системы автоматизированного проектирования технологических объектов: учебное пособие / Т. М. Зубкова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 264 с. — ISBN 978-5-507-45733-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/282371>
2. Берлинер, Э. М. САПР технолога машиностроителя: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. — 336 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=501435>

Дополнительная литература:

1. Приемышев, А. В. Компьютерная графика в САПР: учебное пособие / А. В. Приемышев, В. С. Лебедев, В. И. Мамчур и др. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 196 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90060>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Метрология, стандартизация, сертификация».

Цель изучения дисциплины: формирование системы знаний, умений и навыков в области обеспечения единства измерений, стандартизации и подтверждения соответствия, необходимых для решения профессиональных задач в сфере технической физики с использованием фундаментальных знаний физики, математики и инженерии.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: требования к средствам измерений, методикам измерений и нормативные документы, устанавливающие требования к средству измерений; способы наладки, настройки, регулировки и испытания оборудования, принципы оформления документации в области метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации; принципы метрологического обеспечения, методы проведения всех видов измерений параметров оборудования. Уметь: определять метрологические и технические характеристики средств измерений, составлять описание средства измерений и его назначения; моделировать устройства и процессы с использованием прикладных программ; применять принципы метрологического обеспечения и способы инструментальных измерений, организовывать проверку технического состояния оборудования. Владеть: принципами построения описания типа средств измерений и определения прослеживаемости поверяемого средства измерений к государственным первичным эталонам; основными приёмами технической

		эксплуатации и метрологического обеспечения аппаратуры и систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Метрология, стандартизация, сертификация» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Метрология как наука об измерениях	Понятия и основные проблемы метрологии. Физические величины и их измерения. Шкалы измерений. Системы физических величин. Классификация измерений. Принципы, методы и методики измерений. Системы единиц физических величин. Средства измерений (СИ) и их свойства. Метрологические характеристики СИ. Нормирование погрешностей СИ. Класс точности СИ и его обозначение. Эталоны и их использование.
2.	Теория погрешностей измерений	Понятие погрешности измерений. Модели объекта и погрешности измерений. Источники и классификация погрешностей измерений. Случайные и систематические погрешности. Методы обработки результатов прямых измерений. Однократные измерения. Определение результатов косвенных измерений и оценивание их погрешностей. Записи погрешностей и правила округления.
3.	Методы и средства	Измерение токов и напряжений. Аналоговые и

	измерений физических величин	цифровые вольтметры. Цифровые мультиметры. Измерительные генераторы. Генераторы различных диапазонов частот. Цифровые генераторы. Генераторы качающейся частоты и сигналов специальной формы. Генераторы шума. Исследование формы напряжения. Цифровые осциллографы. Скоростные и стробоскопические осциллографы. Измерение частоты и интервалов времени. Резонансный метод. Гетеродинный метод. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора. Цифровой метод измерения частоты и интервалов времени. Измерение фазового сдвига. Осциллографические методы. Компенсационный метод. Метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. Цифровые методы измерения фазового сдвига. Измерение электрической мощности Измерение мощности в диапазонах низких и высоких частот. Ваттметры на интегральных аналоговых перемножителях. Измерение мощности СВЧ – колебаний. Цифровые ваттметры. Анализ спектра сигналов. Параллельный и последовательный анализ спектра. Цифровой анализ спектра. Быстрое преобразование Фурье. Цифровые анализаторы спектра. Анализаторы спектра на цифровых фильтрах. Измерение нелинейных искажений.
4.	Стандартизация и техническое регулирование	Цели стандартизации. Принципы стандартизации. Организация работ по стандартизации. Документы в области стандартизации. Международная стандартизация. Классификация стандартов. Цели применения технических регламентов. Содержание и применение технических регламентов. Виды технических регламентов Порядок разработки и принятия технических регламентов. Государственный контроль и надзор за соблюдением технических регламентов.
5.	Сертификация и подтверждение соответствия	Понятие подтверждения соответствия. Принципы подтверждения соответствия. Формы подтверждения соответствия. Добровольное подтверждение соответствия. Обязательное подтверждение соответствия. Сертификация систем обеспечения качества
6.	Правовые основы обеспечения единства измерений	Необходимость правового регулирования метрологической деятельности. Основные положения Закона РФ «Об обеспечении единства измерений». Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка СИ. Ответственность за нарушение законодательства по метрологии. Международные организации по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Метрология как наука об измерениях.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи метрологии. Основные понятия и определения. Физические величины и их единицы. Международная система единиц (СИ). Эталоны и образцовые средства измерений. Поверочные схемы. Роль измерений в технической физике и наукоёмких производствах.

Тема 2: Теория погрешностей измерений

Вопросы для обсуждения: Классификация погрешностей измерений. Систематические и случайные погрешности, методы их оценки. Обработка результатов прямых и косвенных измерений. Законы распределения случайных величин. Доверительные интервалы. Правила округления и записи результатов измерений.

Тема 3: Методы и средства измерений физических величин.

Вопросы для обсуждения: Прямые и косвенные, абсолютные и относительные методы измерений. Контактные и бесконтактные методы измерений. Классификация средств измерений. Метрологические характеристики. Измерение геометрических, механических, теплотехнических и электрических величин. Цифровые измерительные приборы и информационно-измерительные системы.

Тема 4: Стандартизация и техническое регулирование.

Вопросы для обсуждения: Цели, принципы и задачи стандартизации. Нормативные документы по стандартизации. Единая система допусков и посадок. Системы конструкторской и технологической документации. Межотраслевые системы стандартов. Стандартизация в ракетно-космической технике.

Тема 5: Сертификация и подтверждение соответствия.

Вопросы для обсуждения: Понятие и цели сертификации. Обязательная и добровольная сертификация. Системы сертификации в Российской Федерации. Схемы сертификации продукции. Декларирование соответствия. Сертификация систем менеджмента качества. Особенности сертификации продукции ракетно-космической техники.

Тема 6: Правовые основы обеспечения единства измерений.

Вопросы для обсуждения: Законодательная база метрологической деятельности. Государственная метрологическая служба. Государственный метрологический контроль и надзор. Поверка и калибровка средств измерений. Метрологическая прослеживаемость к эталонам. Описание типа средств измерений. Идентификация программного обеспечения. Метрологическое обеспечение производства и эксплуатации.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Метрология как наука об измерениях.

Вопросы для обсуждения: Понятия и основные проблемы метрологии. Физические величины и их измерения.

Тема 2: Теория погрешностей измерений

Вопросы для обсуждения: Погрешности измерений. Модели объекта и погрешности измерений. Методы обработки результатов измерений и оценивание их погрешностей.

Тема 3: Методы и средства измерений физических величин.

Вопросы для обсуждения: Измерение токов и напряжений. Измерительные генераторы. Исследование формы напряжения. Осциллографы. Измерение частоты и интервалов времени. Измерение фазового сдвига. Измерение электрической мощности. Анализ спектра сигналов. Параллельный и последовательный анализ спектра. Цифровой анализ спектра. Быстрое преобразование Фурье. Цифровые анализаторы спектра. Анализаторы спектра на цифровых фильтрах. Измерение нелинейных искажений.

Тема 4: Стандартизация и техническое регулирование.

Вопросы для обсуждения: Стандартизация. Технический регламент.

Тема 5: Сертификация и подтверждение соответствия.

Вопросы для обсуждения: Подтверждение соответствия. Сертификация систем обеспечения качества.

Тема 6: Правовые основы обеспечения единства измерений.

Вопросы для обсуждения: Правовое регулирование метрологической деятельности.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Понятия и основные проблемы метрологии. Физические величины и их измерения. Погрешности измерений. Модели объекта и погрешности измерений. Методы обработки результатов измерений и оценивание их погрешностей. Измерение токов и напряжений. Измерительные генераторы. Исследование формы напряжения. Осциллографы. Измерение частоты и интервалов времени. Измерение фазового сдвига. Измерение электрической мощности. Анализ спектра сигналов. Параллельный и последовательный анализ спектра. Цифровой анализ спектра. Быстрое преобразование Фурье. Цифровые анализаторы спектра. Анализаторы спектра на цифровых фильтрах. Измерение нелинейных искажений. Стандартизация. Технический регламент. Подтверждение соответствия. Сертификация систем обеспечения качества. Правовое регулирование метрологической деятельности.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Прямые и косвенные однократные измерения. Обработка и представление результатов однократных измерений при наличии систематической погрешности. Стандартная обработка результатов прямых измерений с многократными наблюдениями. Измерение постоянного напряжения и тока. Измерение переменного напряжения. Изучение методов измерения вольтамперных характеристик двухполюсников. Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик 4-х полюсников. Изучение измерительных генераторов высоких частот. Измерение параметров периодического напряжения с помощью осциллографа.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические величины и единицы СИ. Классификация погрешностей измерений. Обработка результатов прямых и косвенных измерений. Классификация методов и средств измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Цели и принципы стандартизации. Нормативные документы по стандартизации. Единая система допусков и посадок. ЕСКД и ЕСТД. Цели и виды сертификации. Схемы сертификации. Правовые основы обеспечения единства измерений. Поверка и калибровка средств измерений. Описание типа средств измерений.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Метрология как наука об измерениях	ОПК-1	Тестирование
Теория погрешностей измерений	ОПК-1	Тестирование
Методы и средства измерений физических величин	ОПК-1	Тестирование
Стандартизация и техническое регулирование	ОПК-1	Тестирование
Сертификация и подтверждение соответствия	ОПК-1	Тестирование
Правовые основы обеспечения единства измерений	ОПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

По теме 1. Метрология как наука об измерениях

1. Качественной характеристикой физической величины является...

- А) размерность
- Б) погрешность измерений
- В) постоянство во времени
- Г) размер

2. Основной единицей системы SI не является ...

- А) ампер
 - Б) кельвин
 - В) кандела
 - Г) вольт
3. Рабочий эталон применяется для ...
- А) сличения эталона-копии
 - Б) сличения эталона сравнения
 - В) передачи размера единицы величины рабочим средствам измерений
 - Г) сличения с государственным эталоном
4. Свойство, общее в качественном отношении для множества объектов, но индивидуальное в количественном отношении для каждого из них, называется ...
- А) размером физической величины
 - Б) размерностью физической величины
 - В) физической величиной
 - Г) фактором
5. По международной системе единиц физических величин сила измеряется в ...
- А) м/с
 - Б) кг/м·с²
 - В) рад/с
 - Г) ньютон
6. Метрологическими характеристиками средств измерений называются характеристики их свойств, ...
- А) оказывающие влияние на объект измерения
 - Б) оказывающие влияние на результаты и точность измерений
 - В) учитывающие условия выполнения измерений
 - Г) обеспечивающие метрологическую надежность
7. По уровню автоматизации различают средства измерения:
- А) автоматические
 - Б) автоматизированные
 - В) централизованные
 - Г) неавтоматические
 - Д) оптимизированные
 - Е) локальные
8. Утверждение, названное основным постулатом метрологии, гласит:
- А) каждый метод измерения имеет свою погрешность
 - Б) погрешность измерений имеет предел
 - В) истинное значение измеряемой величины находится экспериментально
 - Г) отсчёт при измерении является случайным числом
9. Задачами метрологии являются:
- А) установление единиц физических величин
 - Б) разработка методов оценки погрешности
 - В) оформление документации
 - Г) обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений
10. Совокупность основных и производных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами для заданной системы физических величин, называется системой ...
- А) единиц физических величин
 - Б) обеспечения единства измерений
 - В) классификации
 - Г) стандартизации

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Метрология как наука об измерениях, разделы и задачи метрологии. Единство измерений. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
2. Физические величины и их измерения. Определения основных понятий.
3. Классификация измерений. Виды измерений.
4. Принципы, методы и методики измерений.
5. Системы единиц физических величин. Основные определения. Система СИ.
6. Средства измерений и их свойства. Виды средств измерений и их классификация.
7. Метрологические характеристики средств измерений. Погрешности измерений и их классификация.
8. Эталоны и их использование. Классификация эталонов. Поверка и калибровка средств измерений.
9. Методы обработки результатов прямых и косвенных измерений.
10. Измерение токов и напряжений. Измеряемые параметры напряжения. Аналоговые вольтметры.
11. Цифровые вольтметры. Структурная схема цифрового вольтметра.
12. Кодоимпульсные цифровые вольтметры. Структурная схема и диаграммы работы.
13. Вольтметры с времяимпульсным преобразованием. Структурная схема и диаграммы работы.
14. Времяимпульсные вольтметры с двойным интегрированием. Структурная схема и диаграммы работы.
15. Цифровые мультиметры. Структурная схема цифрового мультиметра с микропроцессором.
16. Измерительные генераторы сигналов. Структурная измерительная схема генератора сигналов. LC-генераторы. RC-генераторы. Измерительный генератор на биениях.
17. Генераторы стандартных сигналов. Генераторы сверхвысоких частот.
18. Цифровой генератор низких частот. Принципы аппроксимации сигналов.
19. Импульсный генератор. Структурная схема и временные диаграммы.
20. Исследование формы напряжения.
21. Структурная схема запоминающего цифрового осциллографа.
22. Структурная схема цифрового осциллографа.
23. Структурная схема резонансного и гетеродинного частотомеров. Структурная схема дискретного гетеродинного преобразователя.
24. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора. Принцип действия конденсаторного частотомера.
25. Цифровой метод измерения частоты. Цифровой частотомер: структурная схема и временные диаграммы.
26. Цифровой метод измерения интервалов времени. Цифровой частотомер в режиме измерения периода.
27. Структурная схема измерителя временных интервалов с микропроцессором.
28. Измерение электрической мощности. Ваттметры электродинамической системы. Ваттметры на интегральных аналоговых перемножителях.
29. Способы измерения мощности СВЧ-колебаний ваттметром поглощающей мощности и проходящей мощности.
30. Методы измерений малых мощностей СВЧ-колебаний. Схема неуравновешенного моста. Схема уравновешенного моста с терморезистором.
31. Калориметрический метод измерения мощности. Схемы с поглощающей нагрузкой и проходящей мощности.
32. Структурная схема цифрового ваттметра.
33. Анализ спектра сигналов. Параллельный анализ спектра. Структурная схема и временные диаграммы анализатора.

34. Структурная схема и временные диаграммы анализатора спектра последовательного типа.
35. Представление аналогового сигнала дискретным преобразованием Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Структурная схема анализатора с реализацией БПФ.
36. Структурная схема современного цифрового анализатора.
37. Стандартизация. Цели и принципы стандартизации.
38. Организация работ по стандартизации. Документы в области стандартизации.
39. Международная стандартизация. Классификация стандартов.
40. Технические регламенты. Объекты и цели применения технических регламентов.
41. Содержание и применение технических регламентов.
42. Виды технических регламентов. Порядок разработки и принятия технических регламентов.
43. Государственный контроль и надзор за соблюдением технических регламентов.
44. Понятие и цели подтверждения соответствия.
45. Принципы подтверждения соответствия.
46. Формы подтверждения соответствия.
47. Добровольное подтверждение соответствия.
48. Обязательное подтверждение соответствия.
49. Основные положения Федерального закона «О техническом регулировании».
50. Основные положения Федерального закона «Об обеспечении единства измерений».

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать,	хорошо		71-85

	контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Эрастов, В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие для вузов / В. Е. Эрастов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 196 с. — (Высшее образование – бакалавриат). — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1834663>

Дополнительная литература

1. Схиртладзе, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / А. Г. Схиртладзе, Я. М. Радкевич. — Старый Оскол: ТНТ, 2015. — 539 с. — Библиогр.: с. 777-780.
2. Герасимова, Е. Б. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие для вузов / Е. Б. Герасимова, Б. И. Герасимов. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. — 223 с. — (Профессиональное образование). — Библиогр.: с. 218-220.
3. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие для вузов / под редакцией А. С. Сигова. — 3-е изд. — Москва: Форум, 2014. — 328 с. — (Профессиональное образование).
4. Мочалов, В. Д. Метрология, стандартизация и сертификация. Взаимозаменяемость и технические измерения: учебное пособие для вузов / В. Д. Мочалов, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе. — Старый Оскол: ТНТ, 2014. — 263 с.
5. Сергеев, А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Юрайт, 2013. — 838 с. —

(Бакалавр. Углубленный курс). — Библиогр.: с. 832-838.

6. Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. — Москва: Юрайт, 2012. — 813 с.

7.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

—систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

—серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

—установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технологии конструкционных материалов».

Цель изучения дисциплины: формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков в области технологий получения и обработки конструкционных материалов, позволяющих осуществлять обоснованный выбор материала и рациональное назначение способов его обработки для обеспечения оптимальных служебных свойств и высокой надёжности изделий в процессе эксплуатации.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: способы получения материалов, технологии формообразования (литье, обработку металлов давлением, сварку, пайку, обработку резанием, получение изделий из порошковых материалов). Уметь: пользоваться справочной и другой литературой при решении практических задач, применять средства измерения для контроля качества продукции и технологических процессов. Владеть: методикой разработки технологических процессов изготовления отливок, штамповки, обработки на станках токарной группы, сварки, получения порошковых композиционных материалов

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологии конструкционных материалов» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах

ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Производство металлов и сплавов	Материалы для производства металлов. Производство чугуна. Производство стали. Производство цветных металлов
2.	Литейное производство	Общая технологическая схема изготовления. отливки. Теоретические основы производства отливок. Литейные свойства сплавов. Технологические требования к конструкции отливки. Способы изготовления отливок. Виды брака и контроль качества отливок. Специальные методы получения отливок
3.	Обработка металлов давлением	Сущность обработки металлов давлением. Факторы, влияющие на пластичность металла. Влияние обработки давлением на структуру и механические свойства металлов и сплавов. Основные виды обработки металлов давлением. Нагрев металлов перед обработкой давлением. Основные типы нагревательных устройств
4.	Сварочное производство	Сварочные материалы: проволока, лента, электроды, флюсы, защитные газы. Свариваемость металлов. Классификация сварочных соединений и швов. Основные современные способы сварки металлов. Газовая, контактная, дуговая сварка.
5.	Обработка материалов резанием	Физические основы резания металлов. Рабочие движения при резании. Геометрия режущего инструмента. Виды режущего инструмента.
6.	Порошковая металлургия	Технология порошковой металлургии. Композиционные порошковые материалы. Особенности и применение

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Производство металлов и сплавов.

Вопросы для обсуждения: Классификация конструкционных материалов. Металлургический комплекс. Способы получения чугуна. Доменное производство. Способы получения стали. Разливка стали. Получение цветных металлов и сплавов. Производство алюминия, меди, титана, магния. Влияние технологий производства на структуру и свойства металлов.

Тема 2: Литейное производство.

Вопросы для обсуждения: Сущность и классификация литейных процессов. Литейные формы и их классификация. Литейные свойства сплавов. Дефекты отливок и способы их устранения. Применение литых заготовок в технической физике и наукоёмких производствах.

Тема 3: Обработка металлов давлением.

Вопросы для обсуждения: Физические основы обработки металлов давлением. Пластическая деформация и её влияние на структуру и свойства металлов. Горячая и холодная обработка давлением. Прокатное производство. Прессование. Ковка и штамповка. Свободная ковка. Объёмная и листовая штамповка. Применение обработки давлением в приборостроении.

Тема 4: Сварочное производство.

Вопросы для обсуждения: Сущность и классификация сварочных процессов. Свариваемость материалов. Дуговая сварка. Газовая сварка. Контактная сварка. Специальные виды сварки: электрошлаковая, лазерная, электронно-лучевая, плазменная, трением. Пайка металлов. Контроль качества сварных соединений. Применение сварки и пайки в наукоёмком производстве.

Тема 5: Обработка материалов резанием.

Вопросы для обсуждения: Сущность и виды обработки резанием. Классификация металлорежущих станков. Токарная обработка. Фрезерная обработка. Сверлильная и расточная обработка. Шлифование. Выбор режимов резания. Режущий инструмент и его материалы.

Тема 6: Порошковая металлургия.

Вопросы для обсуждения: Сущность и основные этапы порошковой металлургии. Способы получения металлических порошков. Получение изделий из тугоплавких и композиционных материалов. Преимущества и ограничения порошковой металлургии. Применение порошковой металлургии в наукоёмких отраслях.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Производство металлов и сплавов.

Вопросы для обсуждения: Изучение диаграммы состояния железо-углерод. Определение структуры и свойств углеродистых сталей по маркам. Расшифровка марок сталей, чугунов и цветных сплавов. Работа с нормативно-справочной документацией по конструкционным материалам. Подбор материала для детали по заданным условиям эксплуатации.

Тема 2: Литейное производство.

Вопросы для обсуждения: Разработка эскиза литейной формы. Определение конструктивных требований к литым деталям. Расчёт литниковой системы. Анализ дефектов отливок по образцам. Выбор способа литья для заданной детали. Оформление отчётной документации.

Тема 3: Обработка металлов давлением.

Вопросы для обсуждения: Определение температурного интервалаковки для заданной марки стали. Выбор заготовки и оборудования для свободнойковки. Разработка маршрутной технологииштамповки детали. Расчёт коэффициента вытяжки при

прокатке. Анализ влияния степени деформации на механические свойства.

Тема 4: Сварочное производство.

Вопросы для обсуждения: Выбор способа сварки для заданного материала и конструкции. Определение режимов ручной дуговой сварки. Расчёт расхода сварочных материалов. Назначение термической обработки сварных соединений. Анализ дефектов сварных швов по образцам. Выбор припоя и флюса для пайки в приборостроении.

Тема 5: Обработка материалов резанием.

Вопросы для обсуждения: Выбор режущего инструмента и режимов резания для заданной детали. Расчёт основного технологического времени. Определение припусков на механическую обработку. Выбор метода финишной обработки для обеспечения заданной шероховатости и точности. Анализ схем обработки на металлорежущих станках.

Тема 6: Порошковая металлургия.

Вопросы для обсуждения: Выбор способа получения порошка для заданного материала. Определение режимов прессования и спекания. Расчёт плотности и пористости спечённой заготовки. Сравнительный анализ свойств деталей, полученных литьём и порошковой металлургией. Выбор области применения порошкового изделия для наукоёмкого производства.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Диаграмма состояния железо-углерод. Влияние примесей на свойства сталей и чугунов. Термическая обработка металлов и сплавов. Химико-термическая обработка. Неметаллические конструкционные материалы. Композиционные материалы. Выбор материала по критериям технологичности и надёжности. Современные тенденции в развитии технологий конструкционных материалов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров термической обработки. Определение оптимального режима термообработки для заданных механических свойств. Расчёт припусков на механическую обработку. Определение норм времени на технологические операции. Техничко-экономическое сравнение способов получения заготовки. Выбор оборудования для реализации технологического процесса.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термическая и химико-термическая обработка. Неметаллические и композиционные материалы. Технологичность конструкций. Экономическая эффективность выбора материала и технологии. Тенденции развития технологий конструкционных материалов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Производство металлов и сплавов	ОПК-1	Контрольная работа
Литейное производство	ОПК-1	Контрольная работа
Обработка металлов давлением	ОПК-1	Контрольная работа
Сварочное производство	ОПК-1	Контрольная работа
Обработка материалов резанием	ОПК-1	Контрольная работа
Порошковая металлургия	ОПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые контрольных работ:

1. Способность металлов и сплавов в расплавленном состоянии воспроизводить рельеф формы называется ...
 А) пластичностью
 Б) жидкотекучестью
 В) вязкостью
 Г) ковкостью
2. Высококачественные стали выплавляют в ...

- А) доменных печах
- Б) мартеновских печах
- В) электропечах
- Г) конвертерах

3. Горную породу, из которой целесообразно извлекать металлы, называют ...

- А) шлаком
- Б) флюсом
- В) рудой
- Г) концентратом

4. Какими способами можно изготовлять составные изделия из термореактивных пластмасс?

- А) склеиванием и механическим соединением
- Б) сваркой и пайкой
- В) литьём и прессованием
- Г) только механическим соединением

5. Материалы, устойчивые к абразивному изнашиванию, должны обладать ...

- А) высокой прочностью
- Б) высокой пластичностью
- В) высокой твёрдостью поверхностного слоя
- Г) низкой плотностью

6. К термореактивным полимерам относится ...

- А) поливинилхлорид
- Б) фенолформальдегид
- В) полиэтилен
- Г) полистирол

7. Технологический процесс получения неразъёмных соединений за счёт межатомных и межмолекулярных сил связи называется ...

- А) пайкой
- Б) склеиванием
- В) сваркой
- Г) клепкой

8. Мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металлов называется ...

- А) ионизацией
- Б) электрической дугой
- В) лазерным лучом
- Г) поляризацией

9. Соединение металлических деталей в твёрдом состоянии с помощью присадочного сплава (металла) называется ...

- А) сваркой
- Б) пайкой
- В) клепкой
- Г) склеиванием

10. Процесс соединения деталей нагревом их в месте контакта до пластического или жидкого состояния с применением сильного сжатия называется ...

- А) сваркой трением
- Б) холоднопрессовой сваркой
- В) сваркой взрывом
- Г) контактной сваркой

Правильный ответ: Г

11. Из серого чугуна изготавливают такие ответственные детали, как станины металлорежущих станков. Почему?

- А) серый чугун обладает высокой твёрдостью
 - Б) серый чугун обладает высокими демпфирующими свойствами
 - В) серый чугун обладает высокой пластичностью
 - Г) серый чугун легче стали
12. Как получают ковкий чугун?
- А) отжигом белого чугуна
 - Б) закалкой серого чугуна
 - В) нормализацией высокопрочного чугуна
 - Г) отпуском белого чугуна

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Производство чугуна.
2. Производство стали.
3. Литейное производство. Литейные свойства сплавов. Технологические требования к конструкции отливки.
4. Способы изготовления отливок. Виды брака и контроль качества отливок.
5. Специальные методы получения отливок.
6. Сущность обработки металлов давлением.
7. Основные виды обработки металлов давлением.
8. Свариваемость металлов. Классификация сварочных соединений и швов. Основные современные способы сварки металлов.
9. Физические основы резания металлов. Геометрия режущего инструмента. Виды режущего инструмента.
10. Принципы получения композиционных материалов методами порошковой металлургии.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного	отлично	зачтено	86-100

		характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / В.П. Глухов, В.Л. Тимофеев, В.Б. Фёдоров, А.А. Светлов; под общ. ред. В.Л. Тимофеева. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 272 с. — (Среднее профессиональное образование). — ISBN 978-5-16-015263-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1021172>

Дополнительная литература

1. Матюшкин, Б.А. Технология конструкционных материалов / Б.А. Матюшкин, В.И. Денисов. — Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2024. — 263 с. — Текст: непосредственный.

2. Практикум по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов»: в 2 частях / О.Н. Моисеев, Л.Ю. Шевырев, П.А. Иванов. — Москва: Директ-Медиа, 2019.
3. Лабораторный практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов: в 2 частях / Д.С. Гапич, А.В. Горшков, В.А. Иванов, Н.А. Громцева. — Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. — 116 с.
4. Давыдов, С.В. Материаловедение и технология конструкционных материалов / С.В. Давыдов, Р.А. Богданов. — Москва: Инфра-Инженерия, 2020. — 256 с.
5. Материаловедение и технологии конструкционных материалов / О.А. Масанский, В.С. Казаков, А.М. Токмин, Л.А. Свечникова, Е.А. Селиванова. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. — 336 с.
6. Иванников, В.П. Основы материаловедения. Конструкционные материалы и технологии. — Москва: Инфра-Инженерия, 2022. — 300 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Теория механизмов и машин».

Цель изучения дисциплины: формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков, необходимых для понимания принципов работы механизмов и машин, их проектирования, анализа, а также оптимизации с использованием современных методов и средств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные понятия и законы теории механизмов и машин, методы анализа и синтеза механизмов; принципы работы и характеристики различных типов механизмов. Уметь: применять полученные знания для решения практических задач, связанных с проектированием, анализом и оптимизацией механизмов и машин; анализировать кинематические схемы механизмов и машин, определять их основные параметры и характеристики; выполнять структурный анализ механизмов, выделять основные звенья и кинематические пары; проводить кинематический анализ механизмов с использованием методов графического, аналитического и графоаналитического анализа; рассчитывать силы и моменты, действующие на звенья механизма, определять мощность и КПД механизма. Владеть: навыками проектирования механизмов и машин с использованием современных методов и средств; навыками работы с чертежами и схемами механизмов и машин.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория механизмов и машин» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные понятия и определения теории механизмов и машин	Введение в теорию механизмов и машин: основные понятия, классификация механизмов, кинематические пары и цепи. Принципы работы механизмов: передача движения, преобразование движения, изменение скорости и направления движения.
2.	Кинематический анализ механизмов	Определение положений звеньев механизма: методы графического, аналитического и графоаналитического анализа. Расчёт скоростей и ускорений звеньев механизма: применение методов кинематики для определения параметров движения звеньев.
3.	Динамический анализ механизмов	Силы и моменты, действующие на звенья механизма: расчёт сил инерции, определение мощности и КПД механизма. Уравновешивание сил инерции: методы снижения вибраций и нагрузок на детали механизма.
4.	Синтез механизмов	Проектирование механизмов с заданными свойствами: передаточное отношение, коэффициент полезного действия, точность и другие параметры. Методы синтеза механизмов: геометрический, кинематический и динамический синтез.
5.	Анализ и синтез зубчатых механизмов	Зубчатые передачи: классификация, параметры, характеристики. Планетарные механизмы: особенности

		конструкции, преимущества и недостатки.
6.	Кулачковые механизмы	Принцип действия кулачковых механизмов: преобразование вращательного движения в возвратно-поступательное или колебательное движение. Проектирование кулачковых механизмов: выбор закона движения толкателя, определение размеров кулачка.
7.	Механизмы с гибкими звеньями	Ремённые и цепные передачи: принцип действия, области применения, преимущества и недостатки. Особенности проектирования механизмов с гибкими звеньями.
8.	Основы теории машин-автоматов	Автоматизация производственных процессов: принципы работы, примеры использования в промышленности. Применение теории механизмов и машин в проектировании и эксплуатации технических устройств.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные понятия и определения теории механизмов и машин.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи теории механизмов и машин. Основные определения: машина, механизм, звено, кинематическая пара, кинематическая цепь. Классификация кинематических пар и звеньев. Степень подвижности механизма. Классификация механизмов. Структурный анализ механизмов.

Тема 2: Кинематический анализ механизмов.

Вопросы для обсуждения: Задачи кинематического анализа. Определение положений звеньев, траекторий точек. Методы кинематического анализа: графический, аналитический, графоаналитический. План положений механизма. План скоростей и план ускорений. Аналитический метод расчёта кинематических параметров.

Тема 3: Динамический анализ механизмов.

Вопросы для обсуждения: Задачи динамического анализа. Силы, действующие на звенья механизма. Классификация сил: движущие силы, силы сопротивления, силы тяжести, инерционные нагрузки. Приведение сил и моментов к звену приведения. Приведённая масса и приведённый момент инерции. Уравнение движения механизма. Определение реакций в кинематических парах.

Тема 4: Синтез механизмов.

Вопросы для обсуждения: Задачи синтеза механизмов. Основные этапы проектирования механизмов. Проектирование механизмов по заданным положениям звеньев. Проектирование механизмов по коэффициенту изменения средней скорости. Оптимальный синтез механизмов.

Тема 5: Анализ и синтез зубчатых механизмов.

Вопросы для обсуждения: Классификация зубчатых механизмов. Основная теорема зацепления. Параметры зубчатых колёс. Передаточное отношение. Простые и сложные зубчатые механизмы. Планетарные и дифференциальные механизмы. Методы синтеза зубчатых передач.

Тема 6: Кулачковые механизмы.

Вопросы для обсуждения: Классификация кулачковых механизмов. Основные параметры

кулачкового механизма. Законы движения толкателя. Фазовые углы кулачкового механизма. Профилирование кулачка. Угол давления и его влияние на работу механизма. Синтез кулачковых механизмов.

Тема 7: Механизмы с гибкими звеньями.

Вопросы для обсуждения: Классификация механизмов с гибкими звеньями. Тросовые и ленточные механизмы. Особенности кинематического и динамического расчёта механизмов с гибкими звеньями. Упругие свойства гибких звеньев. Влияние провисания и натяжения на работу механизма. Применение механизмов с гибкими звеньями в приборостроении и наукоёмком производстве.

Тема 8: Основы теории машин-автоматов

Вопросы для обсуждения: Понятие машины-автомата. Классификация машин-автоматов. Цикловые механизмы. Принципы построения цикловых диаграмм. Согласование работы механизмов во времени. Циклограмма работы машины-автомата. Коэффициент производительности. Надёжность и долговечность автоматического оборудования. Примеры машин-автоматов в приборостроении и радиоэлектронике.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия и определения теории механизмов и машин.

Вопросы для обсуждения: Определение степени подвижности механизма по структурной формуле. Классификация кинематических пар и звеньев. Построение структурных схем механизмов. Построение схем механизмов по заданным параметрам.

Тема 2: Кинематический анализ механизмов.

Вопросы для обсуждения: Построение плана положений механизма. Построение плана скоростей для кривошипно-ползунного и шарнирно-рычажного механизмов. Построение плана ускорений. Определение скоростей и ускорений аналитическим методом. Построение кинематических диаграмм.

Тема 3: Динамический анализ механизмов.

Вопросы для обсуждения: Определение сил и моментов, действующих на звенья механизма. Приведение сил к звену приведения. Расчёт приведённого момента инерции. Определение реакций в кинематических парах методом кинестатики. Расчёт мощности и КПД механизма.

Тема 4: Синтез механизмов.

Вопросы для обсуждения: Проектирование кривошипно-ползунного механизма по коэффициенту изменения скорости. Статическое и динамическое уравнивание механизмов. Решение задач оптимального синтеза.

Тема 5: Анализ и синтез зубчатых механизмов.

Вопросы для обсуждения: Определение передаточного отношения простых и сложных зубчатых механизмов. Расчёт планетарных редукторов. Графическое построение зубчатого зацепления.

Тема 6: Кулачковые механизмы.

Вопросы для обсуждения: Построение закона движения толкателя по заданным параметрам. Определение минимального радиуса кулачка. Построение профиля кулачка методом обращённого движения. Определение угла давления. Проверка динамических характеристик кулачкового механизма.

Тема 7: Анализ и синтез зубчатых механизмов.

Вопросы для обсуждения: Расчёт геометрических параметров ремённой передачи. Определение передаточного отношения в ремённой и цепной передачах. Выбор типа ремня или цепи по заданным условиям эксплуатации. Расчёт сил натяжения и напряжения в гибком звене. Определение ресурса ремённой или цепной передачи. Расчёт диаметров шкивов или звёздочек.

Тема 8: Кулачковые механизмы.

Вопросы для обсуждения: Построение цикловой диаграммы машины-автомата. Согласование работы исполнительных механизмов. Расчёт цикла производительности. Определение коэффициента использования рабочего времени. Анализ циклограммы многооперационного автомата. Выявление узких мест и путей повышения производительности. Расчёт параметров транспортирующих механизмов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Предмет и задачи теории механизмов и машин. Основные определения. Классификация кинематических пар и звеньев. Степень подвижности механизма. Классификация механизмов. Задачи кинематического анализа. Методы кинематического анализа. План скоростей и ускорений. Задачи динамического анализа. Классификация сил. Приведение сил и моментов. Уравнение движения механизма. Мощность и КПД. Задачи синтеза механизмов. Условия существования кривошипа. Уравновешивание механизмов. Основная теорема зацепления. Планетарные механизмы. Классификация кулачковых механизмов. Законы движения толкателя. Профилирование кулачка.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Определение степени подвижности механизма. Построение структурных схем. Построение плана положений механизма. Построение плана скоростей. Построение плана ускорений. Определение скоростей и ускорений аналитическим методом. Определение сил и моментов. Приведение сил к звену приведения. Расчёт приведённого момента инерции. Определение реакций в кинематических парах. Расчёт мощности и КПД. Проектирование механизма по заданным положениям. Определение передаточного отношения. Расчёт планетарных редукторов.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия и определения. Степень подвижности механизма. Классификация кинематических пар. Методы кинематического анализа. План скоростей и ускорений. Классификация сил в механизмах. Приведение сил и моментов. Мощность и КПД механизма. Условия существования кривошипа. Уравновешивание механизмов. Основная теорема зацепления. Планетарные механизмы. Законы движения толкателя. Профилирование кулачка.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные понятия и определения теории механизмов и машин	ОПК-1	Опрос
Кинематический анализ механизмов	ОПК-1	Опрос
Динамический анализ механизмов	ОПК-1	Опрос
Синтез механизмов	ОПК-1	Опрос
Анализ и синтез зубчатых механизмов	ОПК-1	Опрос
Кулачковые механизмы	ОПК-1	Опрос
Механизмы с гибкими звеньями	ОПК-1	Опрос
Основы теории машин-автоматов	ОПК-1	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые вопросы опроса:

1. Что такое механизм?
2. Какие основные элементы входят в состав механизма?
3. Что такое кинематическая пара?
4. Какие виды кинематических пар существуют?
5. Что такое кинематическая цепь?
6. Какие виды кинематических цепей существуют?
7. Что такое звено механизма?

8. Какие типы звеньев существуют?
9. Что такое степень свободы механизма?
10. Как определить число степеней свободы механизма?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Что такое положение звена механизма?
2. Как определить положение звена графическим методом?
3. Как рассчитать скорость звена механизма аналитическим методом?
4. Как вычислить ускорение звена механизма графоаналитическим методом?
5. В чём заключается задача кинематического анализа механизма?
6. Какие методы используются для кинематического анализа механизмов?
7. Какие параметры определяются при кинематическом анализе механизмов?
8. Что такое сила инерции звена механизма?
9. Как рассчитать силу инерции звена аналитически?
10. Что такое мощность механизма?
11. Как определить мощность механизма по его параметрам?
12. Что такое коэффициент полезного действия механизма?
13. Как повысить коэффициент полезного действия механизма?
14. В чём состоит задача динамического анализа механизма?
15. Какие силы действуют на звенья механизма при работе?
16. Что такое синтез механизма?
17. Какие задачи решаются при синтезе механизма?
18. Как выбрать параметры механизма для обеспечения заданных свойств?
19. Какие методы синтеза механизмов существуют?
20. В чём отличие геометрического синтеза от кинематического?
21. Какие факторы учитываются при динамическом синтезе механизмов?
22. Что такое зубчатая передача?
23. Какие виды зубчатых передач существуют?
24. Как определить передаточное отношение зубчатой передачи?
25. Как рассчитать коэффициент полезного действия зубчатой передачи?
26. В чём заключаются особенности планетарных механизмов?
27. Как спроектировать зубчатую передачу с заданными параметрами?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение	отлично	зачтено	86-100

		самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Чёрная, Л.А. Теория механизмов и машин: учебное пособие / Л.А. Чёрная, Г.А. Тимофеев. — Москва: МГТУ им. Баумана, 2019. — 176 с. — ISBN 978-5-7038-4939-2. —

Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1964154>

2. Белов, М.И. Теория механизмов и машин: учебное пособие / М.И. Белов, С.В. Сорокин. — 2-е изд. — Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2020. — 322 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI: <https://doi.org/10.12737/1742-5>. — ISBN 978-5-369-01742-5. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1943513>

Дополнительная литература

1. Вельгодская, Т.В. Теория механизмов и машин. Синтез механизмов / Т.В. Вельгодская, Н.В. Ковалева, Д.В. Тарута. — 2021.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории),

оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

8. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Сопротивление материалов».

Цель изучения дисциплины: формирование навыков анализа работы конструкций и механизмов, позволяющих выполнять расчёты на прочность, жёсткость и устойчивость в условиях различных силовых воздействий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: основные положения и допущения сопротивления материалов; геометрические характеристики плоских сечений; особенности расчёта прочности материалов при циклически меняющихся напряжениях. Уметь: проводить расчёты машиностроительных конструкций на прочность и жёсткость при кручении, изгибе, растяжении-сжатии; рассчитывать стержневые конструкции; применять полученные знания для решения практических задач, связанных с проектированием и эксплуатацией конструкций. Владеть: методиками оценки прочности машиностроительных конструкций при растяжении-сжатии, кручении, изгибе; навыками анализа напряжённо-деформированного состояния.
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением	ОПК-2.1. Ставит научно-исследовательскую задачу в области физики и инженерии на основе поиска информации и выявления научно-исследовательской проблематики из области физико-математических наук и инженерии	Знать: основные понятия и законы сопротивления материалов; методы расчёта на прочность, жёсткость и устойчивость; свойства конструкционных материалов. Уметь: применять фундаментальные знания для проведения теоретических

фундаментальных знаний из области физико-математических наук и инженерно-материаловедческих подходов	ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний из области физико-математических наук и практических подходов инженерии ОПК-2.3. Использует знания из области физико-математических наук и инженерии для решения задач из других сфер деятельности	расчётов конструкций; использовать инженерно-материаловедческие подходы при оценке работоспособности элементов конструкций. Владеть: методами расчёта на прочность, жёсткость и устойчивость; навыками анализа напряжённо-деформированного состояния применительно к задачам научных исследований.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Сопротивление материалов» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные положения. Растяжение и сжатие.	Основные задачи сопротивления материалов. Ограничения и принципы, принятые в курсе. Сущность метода сечений. Понятие о внутренних силовых факторах в сечении стержня. Внутренние силовые факторы в поперечных сечениях при растяжении и сжатие. Эпюры продольных сил.

		Эпюры нормальных напряжений. Закон Гука. Диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов. Механические характеристики материалов. Напряжения расчетные, предельные и допускаемые. Коэффициент запаса прочности. Условие прочности.
2.	Геометрические характеристики плоских сечений.	Статические моменты сечений. Осевые, центробежные и полярные моменты инерции. Главные оси и главные центральные моменты инерции. Осевые моменты инерции простейших сечений. Определение главных центральных моментов инерции составных сечений.
3.	Кручение.	Чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Внутренние силовые факторы при кручении. Эпюры крутящих моментов. Кручение бруса круглого поперечного сечения. Основные гипотезы. Напряжение в поперечном сечении. Угол закручивания. Расчеты на прочность и жесткость при кручении.
4.	Изгиб.	Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Внутренние силовые факторы при прямом изгибе. Дифференциальная зависимость между поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки и изгибающим моментом. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса. Жесткость сечения при изгибе. Расчеты на прочность при изгибе. Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных и хрупких материалов. Понятие о касательных напряжениях при прямом поперечном изгибе.
5.	Сложное сопротивление.	Виды напряженных состояний. Назначение гипотез прочности. Расчет бруса круглого поперечного сечения при сочетании основных деформаций.
6.	Прочность материалов при циклически меняющихся напряжениях.	Усталостное разрушение материала. Характеристики циклов напряжений. Предел выносливости. Факторы, влияющие на усталостную прочность материала.
7.	Устойчивость сжатых стержней	Критическая сила и критическое напряжение. Формула Эйлера для определения критической силы. Пределы применимости формулы Эйлера. Практические расчёты на устойчивость.
8.	Динамическое действие нагрузок	Ударная нагрузка и её воздействие на элементы конструкций. Динамический коэффициент и его определение. Расчёты при ударном нагружении.
9.	Основы безмоментной теории тонких осесимметрично нагруженных оболочек вращения	Основные геометрические понятия. Исходные предпосылки. Виды напряженных состояний оболочек. Усилия в оболочке по безмоментной теории.

10.	Основы теории упругости	Задача теории упругости. Плоская задача и ее разновидности. Уравнения плоской задачи теории упругости в декартовых координатах. Статические уравнения. Уравнения равновесия. Граничные условия для напряжений. Геометрические соотношения. Зависимость деформаций от перемещений. Геометрические граничные условия. Физические зависимости. Плоское напряженное состояние. Плоская деформация. Решение плоской задачи теории упругости в перемещениях.
11.	Понятие о численных методах решения уравнений теории упругости	Методы аппроксимирующих функций. Метод коллокаций. Метод наилучшего квадратичного приближения. Метод ортогонализации. Метод конечных разностей. Конечнo-разностные представления производных функции одной переменной. Конечнo-разностные представления производных функции двух переменных.
12.	Основы технической теории изгибаемых пластин	Методы расчёта пластин на изгиб: дифференциальное уравнение изогнутой поверхности пластины, граничные условия, решение уравнения. Расчёты пластин на прочность и жёсткость при изгибе: определение внутренних силовых факторов, построение эпюр, расчёты на прочность по нормальным и касательным напряжениям, расчёты прогибов и углов поворота. Разрешающие уравнения в декартовых координатах. Статические уравнения. Геометрические соотношения. Физические зависимости Преобразования системы уравнений. Расчетные формулы. Граничные условия. Защемленный край. Шарнирно опертый край. Свободный край. Расчет прямоугольных шарнирно опертых пластин в двойных тригонометрических рядах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные положения. Растяжение и сжатие.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи сопротивления материалов. Основные гипотезы и допущения. Классификация внешних сил. Понятие о напряжениях и деформациях. Метод сечений. Растяжение и сжатие прямого стержня. Нормальные напряжения и деформации. Расчёты на прочность и жёсткость при растяжении-сжатии. Потенциальная энергия деформации.

Тема 2: Геометрические характеристики плоских сечений.

Вопросы для обсуждения: Статические моменты площади. Центр тяжести сечения.

Моменты инерции: осевые, центробежные, полярный. Зависимость между моментами инерции при параллельном переносе осей. Определение геометрических характеристик стандартных профилей проката.

Тема 3: Кручение.

Вопросы для обсуждения: Понятие кручения прямого стержня круглого поперечного сечения. Основные гипотезы. Касательные напряжения и их распределение по сечению. Угол закручивания. Расчёты на прочность и жёсткость при кручении. Кручение тонкостенных стержней открытого и замкнутого профиля.

Тема 4: Изгиб.

Вопросы для обсуждения: Чистый и поперечный изгиб. Внутренние усилия при изгибе: поперечная сила и изгибающий момент. Построение эпюр. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Перемещения при изгибе: прогиб и угол поворота. Дифференциальное уравнение упругой линии. Методы определения перемещений.

Тема 5: Сложное сопротивление.

Вопросы для обсуждения: Косой изгиб. Изгиб с растяжением или сжатием. Внецентренное растяжение и сжатие. Ядро сечения. Изгиб с кручением круглых валов. Расчёт валов по третьей и четвёртой теориям прочности.

Тема 6: Прочность материалов при циклически меняющихся напряжениях.

Вопросы для обсуждения: Понятие о явлении усталости материалов. Циклы напряжений. Предел выносливости. Кривая усталости. Факторы, влияющие на предел выносливости. Расчёты на прочность при переменных напряжениях. Коэффициент запаса прочности.

Тема 7: Устойчивость сжатых стержней

Вопросы для обсуждения: Понятие об устойчивости равновесия. Формула Эйлера для критической силы. Пределы применимости формулы Эйлера. Гибкость стержня. Формула Ясинского. Расчёты сжатых стержней на устойчивость. Подбор сечений.

Тема 8: Динамическое действие нагрузок

Вопросы для обсуждения: Учёт сил инерции. Напряжения и деформации при равноускоренном движении. Ударные нагрузки. Коэффициент динамичности. Расчёты на прочность при ударе.

Тема 9: Основы безмоментной теории тонких осесимметрично нагруженных оболочек вращения.

Вопросы для обсуждения: Основные гипотезы безмоментной теории. Уравнения равновесия элемента оболочки. Определение меридиональных и окружных напряжений. Сосуды, работающие под внутренним давлением.

Тема 10: Основы теории упругости.

Вопросы для обсуждения: Основные уравнения теории упругости. Напряжённое состояние в точке. Главные напряжения. Деформированное состояние. Обобщённый закон Гука. Потенциал деформации.

Тема 11: Понятие о численных методах решения уравнений теории упругости.

Вопросы для обсуждения: Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Возможности программных комплексов для расчётов на прочность. Примеры решения задач с использованием современных компьютерных технологий.

Тема 12: Основы технической теории изгибаемых пластин

Вопросы для обсуждения: Гипотезы технической теории пластин. Изгиб пластин. Дифференциальное уравнение. Цилиндрический изгиб. Расчёт круглых пластин, нагруженных осесимметричной нагрузкой.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные положения. Растяжение и сжатие.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на определение нормальных напряжений и деформаций. Расчёт стержневых систем на прочность и жёсткость. Построение эпюр

продольных сил и напряжений.

Тема 2: Геометрические характеристики плоских сечений.

Вопросы для обсуждения: Определение положения центра тяжести сложного сечения. Расчёт осевых и центробежных моментов инерции. Определение главных центральных моментов инерции.

Тема 3: Кручение.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на кручение валов круглого сечения. Расчёт на прочность и жёсткость. Построение эпюр крутящих моментов и углов закручивания.

Тема 4: Изгиб.

Вопросы для обсуждения: Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для балок. Подбор сечения балки по условию прочности. Расчёт перемещений методом начальных параметров.

Тема 5: Сложное сопротивление.

Вопросы для обсуждения: Расчёт круглого вала на изгиб с кручением. Применение теорий прочности. Расчёт внецентренно сжатых стержней.

Тема 6: Прочность материалов при циклически меняющихся напряжениях.

Вопросы для обсуждения: Построение цикла напряжений. Определение предела выносливости. Расчёт коэффициента запаса прочности.

Тема 7: Устойчивость сжатых стержней

Вопросы для обсуждения: Определение критической силы по формуле Эйлера. Расчёт сжатого стержня на устойчивость. Определение допускаемой нагрузки.

Тема 8: Динамическое действие нагрузок

Вопросы для обсуждения: Расчёт напряжений при равноускоренном движении. Определение напряжений и деформаций при ударном нагружении.

Тема 9: Основы безмоментной теории тонких осесимметрично нагруженных оболочек вращения.

Вопросы для обсуждения: Расчёт напряжений в тонкостенных сосудах под давлением. Сферические и цилиндрические оболочки.

Тема 10: Основы теории упругости.

Вопросы для обсуждения: Определение главных напряжений по заданным компонентам тензора напряжений. Расчёт деформаций по обобщённому закону Гука.

Тема 11: Понятие о численных методах решения уравнений теории упругости.

Вопросы для обсуждения: Решение простейшей задачи методом конечных элементов с использованием учебного программного обеспечения.

Тема 12: Основы технической теории изгибаемых пластин

Вопросы для обсуждения: Расчёт круглой пластины на изгиб при осесимметричной нагрузке. Определение прогибов и напряжений.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Предмет и задачи сопротивления материалов. Метод сечений. Растяжение и сжатие. Закон Гука. Геометрические характеристики плоских сечений. Кручение. Изгиб, эпюры. Сложное сопротивление. Усталостная прочность. Устойчивость сжатых стержней. Динамические нагрузки. Безмоментная теория оболочек. Основы теории упругости. Численные методы. Техническая теория пластин.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт стержней на растяжение-сжатие. Построение эпюр продольных сил. Определение геометрических характеристик сечений. Расчёт валов на кручение. Построение эпюр крутящих моментов. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Подбор сечений балок. Расчёт вала на изгиб с кручением. Расчёт внецентренно сжатых стержней.

Определение критической силы. Расчёт на ударную нагрузку. Расчёт тонкостенных оболочек.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Метод сечений. Растяжение и сжатие. Закон Гука. Моменты инерции сечений. Кручение. Изгиб. Эпюры внутренних усилий. Косой изгиб. Внецентренное растяжение. Усталостная прочность. Формула Эйлера. Устойчивость. Динамический коэффициент. Напряжения в оболочках. Главные напряжения.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

Основные положения. Растяжение и сжатие.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Геометрические характеристики плоских сечений.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Кручение.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Изгиб.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Сложное сопротивление.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Прочность материалов при циклически меняющихся напряжениях.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Устойчивость сжатых стержней	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Динамическое действие нагрузок	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Основы безмоментной теории тонких осесимметрично нагруженных оболочек вращения	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Основы теории упругости	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Понятие о численных методах решения уравнений теории упругости	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Основы технической теории изгибаемых пластин	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

1. Основные понятия и определения сопротивления материалов.
2. Расчёт на прочность при растяжении и сжатии.
3. Геометрические характеристики плоских сечений.
4. Расчёты на кручение валов круглого поперечного сечения.
5. Изгиб балок: определение внутренних силовых факторов.
6. Расчёты балок на прочность и жёсткость при изгибе.
7. Косой изгиб, внецентренное растяжение-сжатие, изгиб с кручением.
8. Определение критической силы для сжатых стержней.
9. Динамический коэффициент и его определение.
10. Расчёты при ударном нагружении.
11. Расчёт статически неопределимых систем при растяжении-сжатии.
12. Расчёты элементов конструкций на сложное сопротивление.
13. Расчёты прочности материалов при циклически меняющихся напряжениях.
14. Пределы применимости формулы Эйлера для определения критической силы.
15. Практические расчёты на устойчивость сжатых стержней.
16. Продольный изгиб: определение критической силы и критического напряжения.
17. Расчёты на прочность при косом изгибе и внецентренном растяжении-сжатии.
18. Расчёты динамических нагрузок: ударное нагружение и колебания.
19. Расчёты статически определимых и неопределимых балок при изгибе.
20. Расчёты на прочность и устойчивость при сложном сопротивлении.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Что такое прочность, жёсткость и устойчивость в сопротивлении материалов?
2. Какие основные задачи решает сопротивление материалов?
3. Как классифицируются нагрузки в сопротивлении материалов?
4. Какие элементы конструкций рассматриваются в сопротивлении материалов?
5. Что такое продольная сила и как она определяется при растяжении-сжатии?
6. Что такое напряжение и как оно определяется при растяжении-сжатии?
7. Какие виды деформаций возникают при растяжении-сжатии и как они определяются?
8. Какие условия прочности и жёсткости выполняются при растяжении-сжатии?
9. Что такое геометрические характеристики плоских сечений и для чего они используются?
10. Как определяются моменты инерции и моменты сопротивления для различных форм поперечных сечений?
11. Что такое кручение и какие внутренние силовые факторы возникают при кручении?
12. Как определяется крутящий момент и угол закручивания при кручении вала?
13. Какие условия прочности и жёсткости выполняются при кручении валов?
14. Что такое изгиб и какие виды изгиба бывают?
15. Как определяются внутренние силовые факторы при изгибе балок?
16. Как строится эпюра изгибающих моментов и поперечных сил при изгибе?
17. Как выполняется расчёт балок на прочность при изгибе?
18. Что такое сложное сопротивление и какие его виды бывают?
19. Как определяются внутренние силовые факторы и строятся эпюры при косом изгибе, внецентренном растяжении-сжатии, изгибе с кручением?
20. Как выполняются расчёты элементов конструкций на сложное сопротивление?
21. Что такое усталость материалов и что такое предел выносливости?
22. Как рассчитываются детали машин на прочность при переменных напряжениях?
23. Что такое критическая сила и критическое напряжение при потере устойчивости сжатых стержней?
24. Как определяется критическая сила по формуле Эйлера и когда она применима?
25. Какие практические расчёты выполняются при проверке устойчивости сжатых стержней?
26. Что такое динамическое действие нагрузок и какие его виды бывают?
27. Что такое ударная нагрузка и как определяется динамический коэффициент?
28. Как выполняются расчёты при ударном нагружении?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение	отлично	зачтено	86-100

		самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Схиртладзе, А.Г. Сопротивление материалов: учебник: в 2 частях. Ч. 1 / А.Г. Схиртладзе, А.В. Чеканин, В.В. Волков. — Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2019. — 272 с. —

ISBN 978-5-906923-65-3. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1945299>

2. Кравченко, А.М. Сопротивление материалов. Практикум: учебное пособие / А.М. Кравченко. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 136 с. — ISBN 978-5-9729-1469-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/2099116>

3. Межецкий, Г.Д. Сопротивление материалов: учебник / Г.Д. Межецкий, Г.Г. Загребин, Н.Н. Решетник; под общ. ред. Г.Д. Межецкого, Г.Г. Загребина. — 5-е изд. — Москва: Дашков и К, 2016. — 432 с. — ISBN 978-5-394-02628-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/414836>

Дополнительная литература

1. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: учебник для вузов / В.И. Феодосьев. — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным

лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

9. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технологии приборостроения».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системы теоретических знаний и практических умений в области технологических процессов изготовления деталей, сборки, контроля качества и испытаний приборов, а также освоение современных методов автоматизированного проектирования, взаимозаменяемости и метрологического обеспечения для решения профессиональных задач в сфере прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические и инженерные задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных физических и инженерных задач.	Знать: фундаментальные законы физики и математический аппарат, необходимые для анализа и проектирования технологических процессов изготовления деталей, сборки и контроля приборов в наукоёмких производствах. Уметь: решать физические и инженерные задачи, связанные с выбором заготовительных технологий, методов механической и прецизионной обработки, сборки и испытаний приборов, используя математический аппарат и методы прикладной физики. Владеть: навыками решения профессиональных задач через интеграцию фундаментальных физических знаний и инженерных подходов, включая обоснование технологических решений, расчёт точности и взаимозаменяемости, а также оценку технологичности конструкций приборов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологии приборостроения» представляет собой дисциплину

обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в технологию приборостроения	Основные понятия и определения. Производственный и технологический процессы. Виды технологических процессов. Структура технологической операции. Типы производства и их организационно-техническая характеристика.
2.	Основы взаимозаменяемости и нормирования точности	Понятие о взаимозаменяемости. Классификация отклонений геометрических параметров. Система допусков и посадок, качества. Допуски формы и расположения поверхностей. Шероховатость поверхности и методы её оценки.
3.	Технологичность конструкции изделия	Определение и показатели технологичности. Отработка конструкций на технологичность в приборостроении. Влияние материала, формы и размеров деталей на трудоёмкость изготовления. Методы оценки и обеспечения технологичности на этапе проектирования.
4.	Современные технологии обработки материалов	Аддитивные технологии и 3D-прототипирование в приборостроении. Лазерная обработка и раскрой. Технологии нанесения покрытий. Методы прецизионной обработки материалов в радиоэлектронной промышленности.
5.	Технология сборки приборов	Особенности сборочных работ в приборостроении.

		Схемы сборки (с базовой деталью и ступенчатые). Классификация и характеристики сборочных соединений (разъёмные и неразъёмные). Методы достижения заданной точности при сборке.
6.	Размерный анализ и теория базирования	Базы и базирование в приборостроении. Определённость базирования. Погрешности базирования, закрепления и установки. Смена баз. Расчет и методы решения размерных цепей (способ равных допусков, теоретико-вероятностный метод, метод полной взаимозаменяемости).
7.	Контроль качества и испытания приборов	Методы и средства контроля геометрических параметров. Виды испытаний приборов на надёжность и работоспособность. Экологические, климатические и механические испытания (воздействие температур, влаги, вибраций и ударов).

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в технологию приборостроения

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Производственный и технологический процессы. Виды технологических процессов. Структура технологической операции. Типы производства и их организационно-техническая характеристика.

Тема 2: Основы взаимозаменяемости и нормирования точности

Вопросы для обсуждения: Понятие о взаимозаменяемости. Классификация отклонений геометрических параметров. Система допусков и посадок, качества. Допуски формы и расположения поверхностей. Шероховатость поверхности и методы её оценки.

Тема 3: Технологичность конструкции изделия

Вопросы для обсуждения: Определение и показатели технологичности. Отработка конструкций на технологичность в приборостроении. Влияние материала, формы и размеров деталей на трудоёмкость изготовления. Методы оценки и обеспечения технологичности на этапе проектирования.

Тема 4: Современные технологии обработки материалов

Вопросы для обсуждения: Токарная, фрезерная, сверлильная обработка. Абразивная обработка и шлифование. Электрофизические и электрохимические методы обработки.

Тема 5: Технология сборки приборов

Вопросы для обсуждения: Особенности сборочных работ в приборостроении. Схемы сборки. Классификация и характеристики сборочных соединений. Методы достижения заданной точности при сборке.

Тема 6: Размерный анализ и теория базирования

Вопросы для обсуждения: Базы и базирование в приборостроении. Определённость базирования. Погрешности базирования, закрепления и установки. Смена баз. Расчет и методы решения размерных цепей.

Тема 7: Контроль качества и испытания приборов

Вопросы для обсуждения: Методы и средства контроля геометрических параметров. Виды испытаний приборов на надёжность и работоспособность. Экологические, климатические и механические испытания. Измерительный контроль и автоматизация контроля.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в технологию приборостроения

Вопросы для обсуждения: Определение типа производства по заданной программе выпуска. Анализ структуры технологического процесса изготовления детали. Разработка операционного эскиза.

Тема 2: Основы взаимозаменяемости и нормирования точности

Вопросы для обсуждения: Назначение допусков и посадок для гладких цилиндрических соединений. Расчёт предельных размеров и допусков. Определение шероховатости поверхности по заданному качеству.

Тема 3: Технологичность конструкции изделия

Вопросы для обсуждения: Анализ чертежа детали на технологичность. Оценка показателей технологичности. Предложения по изменению конструкции для улучшения технологичности.

Тема 4: Современные технологии обработки материалов

Вопросы для обсуждения: Выбор метода получения заготовки в зависимости от материала и типа производства. Выбор схемы обработки для конкретной поверхности. Расчёт режимов резания.

Тема 5: Технология сборки приборов

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы сборки сборочной единицы. Выбор метода обеспечения точности замыкающего звена. Расчёт размерных цепей при сборке.

Тема 6: Размерный анализ и теория базирования

Вопросы для обсуждения: Выбор технологических баз для обработки детали. Расчёт погрешностей базирования. Решение линейных и угловых размерных цепей методом максимума-минимума.

Тема 7: Контроль качества и испытания приборов

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы контроля размера детали с использованием универсальных средств измерения. Выбор средств измерений. Анализ результатов контрольных операций. Оценка надёжности прибора по результатам испытаний.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в технологию приборостроения. Основы взаимозаменяемости и нормирования точности. Технологичность конструкции изделия. Современные технологии обработки материалов. Технология сборки приборов. Размерный анализ и теория базирования. Контроль качества и испытания приборов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Определение типа производства по программе выпуска. Назначение допусков и посадок, расчёт предельных размеров. Анализ чертежа детали на технологичность. Выбор метода получения заготовки и режимов резания. Разработка схемы сборки и расчёт размерных цепей. Выбор технологических баз и расчёт погрешностей базирования. Выбор средств измерения и анализ результатов контроля.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура технологического процесса. Допуски и посадки, качества, качества,

шероховатость. Показатели технологичности. Классификация методов обработки материалов. Схемы сборки и виды соединений. Теория базирования, погрешности установки. Решение размерных цепей. Методы и средства контроля качества. Виды испытаний приборов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы взаимозаменяемости и нормирования точности	ОПК-1	Тестирование
Технологичность конструкции изделия	ОПК-1	Тестирование

Современные технологии обработки материалов	ОПК-1	Тестирование
Технология сборки приборов	ОПК-1	Тестирование
Размерный анализ и теория базирования	ОПК-1	Тестирование
Контроль качества и испытания приборов	ОПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Основы взаимозаменяемости и нормирования точности»

- Что такое взаимозаменяемость деталей?**
 - Способность деталей занимать свои места в узле без дополнительной обработки
 - Возможность замены детали при ремонте
 - Свойство деталей быть одинаковыми по форме
 - Способность деталей выдерживать заданные нагрузки
- Какой параметр характеризует точность изготовления детали?**
 - Шероховатость
 - Допуск
 - Твёрдость
 - Пластичность
- Что такое допуск?**
 - Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами
 - Абсолютное значение отклонения от номинального размера
 - Сумма верхнего и нижнего отклонений
 - Среднее арифметическое предельных размеров
- Как обозначается поле допуска в системе ЕСДП?**
 - Буквой (буквами) латинского алфавита
 - Цифрой
 - Римской цифрой
 - Греческой буквой
- Что такое квалитет?**
 - Степень точности изготовления детали
 - Класс шероховатости поверхности
 - Категория прочности материала
 - Уровень технологичности конструкции
- Сколько квалитетов установлено в системе ЕСДП для размеров до 3150 мм?**
 - 10
 - 15
 - 20
 - 25
- Какой квалитет обеспечивает наиболее высокую точность?**
 - IT1
 - IT5
 - IT10
 - IT18
- Что характеризует основное отклонение?**
 - Положение поля допуска относительно номинального размера

- б) Величину допуска
 - в) Класс точности
 - г) Шероховатость поверхности
9. **Какое буквенное обозначение соответствует основному отклонению вала для образования посадки с зазором?**
- а) h
 - б) H
 - в) g
 - г) p
10. **Что такое посадка?**
- а) Характер соединения двух деталей, определяемый величиной зазоров или натягов
 - б) Процесс сборки деталей
 - в) Способ фиксации деталей
 - г) Допуск на сборку
11. **Какая посадка характеризуется наличием зазора в соединении?**
- а) С зазором
 - б) С натягом
 - в) Переходная
 - г) Прессовая
12. **Какая посадка применяется для неподвижных неразъёмных соединений?**
- а) С зазором
 - б) С натягом
 - в) Переходная
 - г) Скользящая
13. **Что такое шероховатость поверхности?**
- а) Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами
 - б) Отклонение формы поверхности от номинальной
 - в) Волнистость поверхности
 - г) Отклонение расположения поверхности
14. **Каким параметром чаще всего оценивают шероховатость?**
- а) R_a – среднее арифметическое отклонение профиля
 - б) R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам
 - в) R_{max} – максимальная высота профиля
 - г) S – средний шаг неровностей
15. **Какое значение R_a соответствует более гладкой поверхности?**
- а) 0,05 мкм
 - б) 0,5 мкм
 - в) 5,0 мкм
 - г) 50 мкм
16. **Что такое отклонение формы поверхности?**
- а) Отклонение реальной поверхности от номинальной формы
 - б) Отклонение шероховатости
 - в) Отклонение размера
 - г) Отклонение твёрдости
17. **Какой вид допуска формы обозначается символом « $\wedge$ »?**
- а) Допуск плоскостности
 - б) Допуск круглости
 - в) Допуск цилиндричности
 - г) Допуск профиля продольного сечения
18. **Что такое допуск расположения?**
- а) Допуск, ограничивающий отклонение реального расположения поверхности от номинального

- б) Допуск на размер
 - в) Допуск на шероховатость
 - г) Допуск на твёрдость
19. Для чего используются гладкие калибры?
- а) Для контроля предельных размеров деталей
 - б) Для измерения шероховатости
 - в) Для контроля твёрдости
 - г) Для измерения допусков формы
20. Что обозначает размер на чертеже « $\varnothing 25H7$ »?
- а) Номинальный диаметр 25 мм, поле допуска отверстия H7
 - б) Номинальный диаметр 25 мм, поле допуска вала H7
 - в) Диаметр 25 мм с отклонением $\pm 0,007$
 - г) Диаметр 25 мм с шероховатостью H7

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи дисциплины. Производственный и технологический процессы. Структура технологической операции. Типы производства и их характеристика.
2. Понятие о взаимозаменяемости. Виды взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок.
3. Квалитеты точности. Основные отклонения. Поля допусков отверстий и валов. Обозначение допусков на чертежах.
4. Допуски формы и расположения поверхностей. Обозначение на чертежах. Влияние отклонений формы и расположения на работоспособность приборов.
5. Шероховатость поверхности. Параметры шероховатости. Обозначение шероховатости на чертежах. Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей.
6. Понятие технологичности конструкции изделия. Показатели технологичности. Отработка конструкции на технологичность.
7. Методы получения заготовок деталей приборов. Литьё, штамповка, обработка давлением, порошковая металлургия. Критерии выбора заготовительных технологий.
8. Механическая обработка деталей. Токарная, фрезерная, сверлильная, шлифовальная обработка. Схемы обработки. Выбор режимов резания.
9. Электрофизические и электрохимические методы обработки. Области применения в приборостроении.
10. Аддитивные технологии в приборостроении. Методы. Преимущества и ограничения.
11. Лазерная обработка материалов в приборостроении. Лазерная резка, сварка, маркировка. Технологии нанесения покрытий.
12. Технология сборки приборов. Схемы сборки. Классификация сборочных соединений.
13. Методы достижения точности при сборке. Расчёт размерных цепей.
14. Базы и базирование в приборостроении. Классификация баз. Погрешности базирования, закрепления и установки. Правило шести точек.
15. Размерный анализ. Размерные цепи. Методы решения размерных цепей.
16. Контроль качества и испытания приборов. Виды испытаний. Климатические, механические и экологические испытания.
17. Методы и средства контроля геометрических параметров. Универсальные средства измерения. Контрольные калибры.
18. Измерительный контроль. Автоматизация контроля в приборостроении. Координатно-измерительные машины.
19. Надёжность приборов. Показатели надёжности. Методы испытаний на надёжность.

20. Оценка экономической эффективности технологических процессов в приборостроении.
Себестоимость, трудоёмкость, пути снижения затрат при производстве приборов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику	хорошо		71-85

		применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Валетов, В. А. Технология приборостроения: учебное пособие / В. А. Валетов, К. П. Помпеев. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 234 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/71133>
2. Масанский, О. А. Материаловедение и технологии конструкционных материалов: учебник / О. А. Масанский, В. С. Казаков, А. М. Токмин [и др.]. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. – 336 с. – ISBN 978-5-7638-4096-4. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087981>

Дополнительная литература:

1. Грибовский, А. А. Технологии быстрого производства в приборостроении: учебное пособие / А. А. Грибовский, А. А. Грибовская. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2015. – 66 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/91558>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

10. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Киберфизические системы и индустрия 4.0».

Цель изучения дисциплины: формирование у обучающихся системы теоретических знаний и практических навыков в области построения, моделирования и эксплуатации киберфизических систем, а также понимания принципов и технологий Индустрии 4.0, необходимых для решения профессиональных задач в современном наукоёмком и высокотехнологичном производстве.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные,	ОПК-2.1. Ставит научно-исследовательскую задачу в области физики и инженерии на основе поиска информации и выявления научно-исследовательской проблематики из области физико-математических	Знать: возможности и ограничения применения киберфизических систем в различных сферах деятельности; принципы человеко-машинного взаимодействия и промышленных интерфейсов; основы кибербезопасности КФС

с применением фундаментальных знаний из области физико-математических наук и инженерно-материаловедческих подходов	наук и инженерии ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний из области физико-математических наук и практических подходов инженерии ОПК-2.3. Использует знания из области физико-математических наук и инженерии для решения задач из других сфер деятельности	применительно к междисциплинарным задачам. Уметь: адаптировать знания о киберфизических системах для решения задач в смежных сферах; применять технологии Индустрии 4.0 за пределами традиционных инженерных областей; проектировать простые киберфизические системы для различных прикладных задач. Владеть: навыками междисциплинарного применения знаний о КФС и Индустрии 4.0; методами интеграции киберфизических систем в различные сферы деятельности; подходами к разработке человеко-машинных интерфейсов для нестандартных применений.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Киберфизические системы и индустрия 4.0» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в Индустрию 4.0 и киберфизические системы	Концепция Industry 4.0. Основные принципы: взаимодействие цифрового и физического миров, децентрализация принятия решений. Этапы промышленных революций.
2.	Физические основы сенсорики и исполнительных устройств КФС	Физические принципы работы датчиков: деформационные, пьезоэлектрические, емкостные, индуктивные, оптические. Датчики температуры, давления, вибрации, тока, магнитного поля, оптического излучения. Актуаторы: электромеханические, пьезоактуаторы, гидравлические и пневматические с цифровым управлением.
3.	Моделирование киберфизических систем	Математические модели гибридных систем. Модели в пространстве состояний, дифференциальные и разностные уравнения. Интеграция физического и кибернетического уровней: коэволюционное моделирование.
4.	Сети связи и протоколы реального времени	Промышленные сети. Протоколы детерминированной передачи данных для КФС. Беспроводные технологии для КФС и для низкоскоростных сенсорных сетей.
5.	Управление в КФС	ПИД-регуляторы в цифровых системах. Программируемые логические контроллеры: структура, цикл сканирования. Распределенное управление: многоагентные системы, кооперативное управление.
6.	Кибербезопасность КФС	Отличия безопасности в КФС от обычных IT-систем: важность времени реакции, влияние на физические процессы. Основные угрозы: атаки на датчики, на каналы связи, на контроллеры. Методы защиты: шифрование, аутентификация, безопасные протоколы. Программно-аппаратные доверенные среды.
7.	Цифровые двойники и их интеграция	Принцип синхронизации цифрового и физического объекта: методы обновления состояний. Упрощенные и высокоточные физические модели в составе двойника. Data-driven модели для поведения физической системы. Платформы цифровых двойников. Применение: предсказательная аналитика, виртуальная наладка, обучение.
8.	Промышленный интернет вещей (IIoT)	Архитектура IIoT: краевой уровень, уровень платформы, облачный уровень. Умные датчики: самокалибровка, предобработка данных на месте, интерфейсы. Обработка больших потоков данных от физических систем.
9.	Промышленный искусственный интеллект в КФС	Применение машинного обучения: диагностика отказов, прогнозирование остаточного ресурса. Физически информированные нейронные сети как мост между физикой и данными. Обучение с подкреплением для адаптивного управления в реальном времени.
10.	Надежность, отказоустойчивость и верификация	Показатели надежности. Резервирование в КФС. Диагностика и самодиагностика по модели. Методы формальной верификации гибридных систем.
11.	Человеко-машинное взаимодействие и промышленные интерфейсы	Операторские панели. Дополненная реальность (AR) для обслуживания КФС. Ситуационная осведомленность оператора при децентрализованном управлении. Когнитивная нагрузка и принципы проектирования интерфейсов для Industry 4.0.

12.	Кейсы и проектирование простых КФС	Умное производственное звено. Распределенная система управления микросетью. Автоматизированная мобильная платформа как КФС.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в Индустрию 4.0 и киберфизические системы.

Вопросы для обсуждения: Понятие и предпосылки возникновения Индустрии 4.0. Основные технологии и принципы. Определение киберфизической системы. Архитектура КФС: физический уровень, сетевой уровень, вычислительный уровень. Отличия КФС от традиционных автоматизированных систем. Примеры КФС в промышленности, энергетике, логистике и наукоёмком производстве. Этапы развития промышленных революций.

Тема 2: Физические основы сенсорики и исполнительных устройств КФС.

Вопросы для обсуждения: Классификация датчиков и сенсоров. Физические принципы работы датчиков температуры, давления, перемещения, вибрации, оптических и магнитных датчиков. Характеристики и выбор сенсоров и исполнительных устройств для КФС. Интерфейсы подключения. Беспроводные датчики.

Тема 3: Моделирование киберфизических систем.

Вопросы для обсуждения: Роль моделирования в жизненном цикле КФС. Подходы к моделированию: аналитическое, имитационное, гибридное. Моделирование физических процессов. Моделирование сетевого взаимодействия. Моделирование задержек и отказов. Инструменты моделирования КФС. Ко-моделирование физического и вычислительного уровней. Методы верификации моделей.

Тема 4: Сети связи и протоколы реального времени.

Вопросы для обсуждения: Сетевые архитектуры для КФС. Промышленные сети. Беспроводные технологии для промышленности. Требования к задержкам и надёжности. Протоколы реального времени. Синхронизация времени в распределённых КФС.

Тема 5: Управление в КФС.

Вопросы для обсуждения: Задачи управления в КФС. Промышленные контроллеры. Распределённые системы управления. Предиктивное и адаптивное управление. Управление на основе моделей. Управление с обратной связью по состоянию. Децентрализованное и распределённое управление в КФС.

Тема 6: Кибербезопасность КФС.

Вопросы для обсуждения: Угрозы и уязвимости киберфизических систем. Атаки на физический и сетевой уровни. Принципы защиты: сегментация сетей, управление доступом, мониторинг, резервирование. Безопасность промышленных протоколов. Инциденты безопасности в промышленности.

Тема 7: Цифровые двойники и их интеграция

Вопросы для обсуждения: Понятие цифрового двойника. Типы цифровых двойников: прототип, экземпляр, агрегированный. Жизненный цикл цифрового двойника. Технологии создания цифровых двойников. Интеграция цифрового двойника с реальной КФС. Синхронизация данных. Цифровые двойники в наукоёмком производстве.

Тема 8: Промышленный интернет вещей (IIoT).

Вопросы для обсуждения: Определение и архитектура IIoT. Отличия IIoT от

потребительского IoT. Платформы IIoT. Применение IIoT в мониторинге состояния оборудования.

Тема 9: Промышленный искусственный интеллект в КФС.

Вопросы для обсуждения: Роль искусственного интеллекта в Индустрии 4.0. Нейронные сети. Классификация дефектов. Оптимизация процессов. Адаптивное управление. Компьютерное зрение в промышленности. Промышленные платформы ИИ.

Тема 10: Надежность, отказоустойчивость и верификация.

Вопросы для обсуждения: Показатели надежности КФС. Методы обеспечения надёжности: резервирование, разнообразие, контроль целостности. Отказоустойчивые архитектуры. Виды отказов: сбои, ошибки, дефекты. Обнаружение и изоляция отказов.

Тема 11: Человеко-машинное взаимодействие и промышленные интерфейсы.

Вопросы для обсуждения: Принципы проектирования человеко-машинных интерфейсов для КФС. Визуализация данных. Мобильные и веб-интерфейсы для управления КФС. Дополненная реальность в промышленности. Виртуальная реальность для обучения и удалённого обслуживания.

Тема 12: Кейсы и проектирование простых КФС.

Вопросы для обсуждения: Анализ реальных кейсов внедрения КФС в промышленности. Разработка архитектуры. Выбор протоколов связи. Программирование логики управления. Тестирование и отладка. Оценка эффективности. Особенности проектирования КФС для наукоемких производств.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в Индустрию 4.0 и киберфизические системы.

Вопросы для обсуждения: Анализ примеров киберфизических систем. Классификация КФС по архитектуре. Построение структурной схемы простой КФС. Сравнение Индустрии 3.0 и 4.0.

Тема 2: Физические основы сенсорики и исполнительных устройств КФС.

Вопросы для обсуждения: Изучение характеристик датчиков по технической документации. Выбор датчика и исполнительного устройства по заданным параметрам. Расчёт погрешностей сенсоров. Подключение датчика к микроконтроллеру.

Тема 3: Моделирование киберфизических систем.

Вопросы для обсуждения: Создание имитационной модели простой КФС в специализированном ПО. Варьирование параметров и анализ поведения системы. Верификация модели по контрольным сценариям.

Тема 4: Сети связи и протоколы реального времени.

Вопросы для обсуждения: Анализ задержек передачи данных. Конфигурирование беспроводного сенсорного узла.

Тема 5: Управление в КФС.

Вопросы для обсуждения: Программирование ПИД-регулятора на промышленном контроллере. Реализация алгоритма управления на базе edge-контроллера.

Тема 6: Кибербезопасность КФС.

Вопросы для обсуждения: Анализ модели угроз для заданной КФС. Настройка прав доступа к промышленной сети. Изучение защищённых протоколов. Проверка уязвимостей на учебном стенде.

Тема 7: Цифровые двойники и их интеграция

Вопросы для обсуждения: Создание простого цифрового двойника физической установки. Интеграция цифрового двойника с реальным объектом. Синхронизация потоков данных. Анализ расхождения поведения двойника и объекта.

Тема 8: Промышленный интернет вещей (IIoT).

Вопросы для обсуждения: Подключение промышленного датчика к IIoT-платформе. Настройка сбора и визуализации данных. Создание простого правила оповещения по

пороговым значениям.

Тема 9: Промышленный искусственный интеллект в КФС.

Вопросы для обсуждения: Обучение простой модели машинного обучения для классификации дефектов. Интеграция модели в эмулятор КФС. Оценка точности прогнозирования.

Тема 10: Надежность, отказоустойчивость и верификация.

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы резервирования для критического компонента КФС. Расчёт показателей надёжности. Проведение тестов на отказоустойчивость. Анализ результатов верификации.

Тема 11: Человеко-машинное взаимодействие и промышленные интерфейсы.

Вопросы для обсуждения: Оценка эргономичности. Разработка прототипа мобильного интерфейса управления КФС.

Тема 12: Кейсы и проектирование простых КФС.

Вопросы для обсуждения: Разработка и защита проекта простой киберфизической системы. Выбор компонентов, разработка архитектуры, программирование логики, тестирование на эмуляторе или стенде.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Предпосылки и технологии Индустрии 4.0. Архитектура киберфизических систем. Физические принципы работы датчиков и исполнительных устройств. Методы моделирования КФС. Промышленные сети и протоколы реального времени. Цифровые двойники: типы и интеграция. Промышленный интернет вещей. Машинное обучение в промышленности. Показатели надёжности и отказоустойчивость. Методы верификации. Принципы человеко-машинного взаимодействия.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ архитектуры КФС по описанию. Выбор датчиков и исполнительных устройств. Расчёт погрешностей сенсоров. Создание имитационной модели КФС. Анализ задержек в промышленной сети. Настройка ПИД-регулятора. Анализ модели угроз. Создание простого цифрового двойника. Настройка сбора данных в IoT-платформе. Обучение простой модели ИИ. Расчёт надёжности системы. Разработка проекта простой КФС.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Индустрия 4.0: концепция и технологии. Архитектура КФС. Сенсоры и исполнительные устройства. Моделирование КФС. Сети связи реального времени. Системы управления КФС. Кибербезопасность промышленных систем. Цифровые двойники. Промышленный интернет вещей. Искусственный интеллект в КФС. Надёжность и отказоустойчивость. Проектирование КФС.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное

время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в Индустрию 4.0 и киберфизические системы	ОПК-2	Тестирование
Физические основы сенсорики и исполнительных устройств КФС	ОПК-2	Тестирование
Моделирование киберфизических систем	ОПК-2	Тестирование
Сети связи и протоколы реального времени	ОПК-2	Тестирование
Управление в КФС	ОПК-2	Тестирование
Кибербезопасность КФС	ОПК-2	Тестирование
Цифровые двойники и их интеграция	ОПК-2	Тестирование
Промышленный интернет вещей (IIoT)	ОПК-2	Тестирование
Промышленный искусственный интеллект в КФС	ОПК-2	Тестирование
Надежность, отказоустойчивость и верификация	ОПК-2	Тестирование
Человеко-машинное взаимодействие и промышленные	ОПК-2	Тестирование

интерфейсы		
Кейсы и проектирование простых КФС	ОПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

По теме 1. Введение в Индустрию 4.0 и киберфизические системы

1. Какая промышленная революция связана с внедрением киберфизических систем и цифровых двойников?

- А) Индустрия 1.0
- Б) Индустрия 2.0
- В) Индустрия 3.0
- Г) Индустрия 4.0

2. Что такое киберфизическая система?

- А) Система, состоящая только из программных компонентов
- Б) Система, объединяющая физические процессы с вычислительными и коммуникационными возможностями
- В) Система управления базами данных
- Г) Система автоматизированного проектирования

3. Какие три уровня выделяют в архитектуре киберфизической системы?

- А) Уровень данных, уровень приложений, уровень пользователя
- Б) Физический уровень, сетевой уровень, вычислительный уровень
- В) Уровень датчиков, уровень хранения, уровень отображения
- Г) Локальный уровень, облачный уровень, периферийный уровень

4. Что не относится к ключевым технологиям Индустрии 4.0?

- А) Интернет вещей
- Б) Большие данные
- В) Порошковая металлургия
- Г) Искусственный интеллект

5. Какой термин используется для обозначения слияния физического и цифрового миров в производстве?

- А) Виртуализация
- Б) Киберфизический континуум
- В) Децентрализация
- Г) Интероперабельность

6. Что из перечисленного является примером киберфизической системы?

- А) Настольный калькулятор
- Б) Умная фабрика с автономными роботами и цифровыми двойниками
- В) Текстовый редактор
- Г) Электронная таблица

7. Какая характеристика отличает Индустрию 4.0 от предыдущих этапов?

- А) Использование паровых машин
- Б) Применение конвейерной сборки
- В) Внедрение программируемых логических контроллеров
- Г) Интеграция физических объектов в цифровую экосистему в реальном времени

8. Что обеспечивает принцип «децентрализации» в КФС?

- А) Централизованное управление всеми процессами

- Б) Способность физических компонентов принимать решения автономно
 - В) Отсутствие сетевого взаимодействия
 - Г) Полное резервирование всех узлов
9. Как расшифровывается аббревиатура КФС?
- А) Компьютерно-файловая система
 - Б) Киберфизическая система
 - В) Контрольно-фискальная система
 - Г) Комбинированная фильтрующая система
10. Какая основная цель внедрения КФС в промышленности?
- А) Увеличение численности персонала
 - Б) Повышение гибкости, эффективности и прозрачности производства
 - В) Замена всех сотрудников роботами
 - Г) Снижение требований к качеству продукции
11. Какая технология позволяет создавать виртуальные копии физических объектов?
- А) Дополненная реальность
 - Б) Цифровой двойник
 - В) Блокчейн
 - Г) Квантовые вычисления
12. Что из перечисленного является важнейшим условием функционирования КФС?
- А) Полная изоляция от сетей связи
 - Б) Постоянное подключение к высокоскоростным сетям передачи данных
 - В) Отсутствие обратной связи от физического процесса
 - Г) Применение только аналоговых датчиков
13. Какой стандарт является основополагающим для обеспечения кибербезопасности промышленных систем?
- А) ISO 9001
 - Б) IEC 62443
 - В) ISO 14001
 - Г) ГОСТ Р 50571
14. Что означает термин «интероперабельность» в контексте Индустрии 4.0?
- А) Способность систем и компонентов обмениваться данными и их интерпретировать
 - Б) Работа системы только в автономном режиме
 - В) Использование только однотипного оборудования
 - Г) Отказ от сетевого взаимодействия
15. Какую революцию называют «цифровой»?
- А) Индустрия 1.0
 - Б) Индустрия 2.0
 - В) Индустрия 3.0
 - Г) Индустрия 4.0

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Понятие и предпосылки возникновения Индустрии 4.0. Основные технологии и принципы.
2. Определение киберфизической системы. Архитектура КФС: физический, сетевой и вычислительный уровни.
3. Отличия киберфизических систем от традиционных автоматизированных систем.
4. Классификация датчиков и сенсоров. Физические принципы работы основных типов датчиков.
5. Исполнительные устройства КФС: типы, характеристики, область применения.
6. Критерии выбора сенсоров и исполнительных устройств для киберфизической системы.

7. Роль моделирования в жизненном цикле КФС. Подходы к моделированию.
8. Инструменты моделирования киберфизических систем.
9. Промышленные сети связи: архитектура, требования к задержкам и надёжности.
10. Протоколы реального времени в промышленных сетях.
11. Беспроводные технологии в КФС.
12. Промышленные контроллеры: структура и функции.
13. Алгоритмы управления в КФС: ПИД-регулирование, адаптивное и предиктивное управление.
14. Угрозы и уязвимости киберфизических систем. Стандарты кибербезопасности.
15. Принципы защиты КФС: сегментация сетей, управление доступом, мониторинг.
16. Понятие цифрового двойника. Типы цифровых двойников.
17. Интеграция цифрового двойника с реальной КФС. Применение цифровых двойников.
18. Промышленный интернет вещей: архитектура, платформы, протоколы.
19. Роль искусственного интеллекта в Индустрии 4.0. Применение машинного обучения в КФС.
20. Прогнозирование отказов и классификация дефектов с использованием ИИ.
21. Показатели надёжности киберфизических систем. Методы обеспечения надёжности.
22. Отказоустойчивые архитектуры КФС. Резервирование каналов связи и контроллеров.
23. Методы верификации и валидации киберфизических систем.
24. Человеко-машинное взаимодействие в промышленности. НМИ-интерфейсы и их проектирование.
25. Применение дополненной и виртуальной реальности в управлении и обслуживании КФС.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение	Включает	хорошо		71-85

й	знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Гвоздева, Т.В. Индустрия 4.0: интеллектуальные киберфизические системы / Т.В. Гвоздева. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 180 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-017441-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1855511>
2. Новиков, А.П. Технологии Индустрии 4.0. Киберфизические системы / А.П. Новиков, П.П. Кучерявый. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 220 с. — (Учебники для вузов). — ISBN 978-5-8114-9323-1. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/234567>

Дополнительная литература

1. Олейник, П.П. Киберфизические системы в промышленности: учебное пособие / П.П. Олейник. — Москва: Форум: ИНФРА-М, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-00091-602-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1218419>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,

необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

11. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Управление инженерными проектами».

Цель изучения дисциплины: формирование знаний и навыков инициации, планирования, организации, контроля и завершения инженерных

проектов с учётом специфики физико-технических задач и наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением фундаментальных знаний из области физико-математических наук и инженерно-материаловедческих подходов	ОПК-2.1. Ставит научно-исследовательскую задачу в области физики и инженерии на основе поиска информации и выявления научно-исследовательской проблематики из области физико-математических наук и инженерии ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний из области физико-математических наук и практических подходов инженерии ОПК-2.3. Использует знания из области физико-математических наук и инженерии для решения задач из других сфер деятельности	Знать: методологию управления инженерными проектами, методы планирования и оценки рисков. Уметь: разрабатывать техническое задание, управлять сроками, стоимостью и ресурсами проекта. Владеть: навыками бюджетирования, управления качеством, применения гибких методов и программных инструментов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Управление инженерными проектами» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в управление инженерными проектами	Отличия проекта от операционной деятельности. Жизненный цикл инженерного проекта. Особенности инженерно-физических проектов. Роли в проекте: инженер-проектировщик, технический лидер, заказчик, пользователь. Стандарты управления проектами.
2.	Инженерная инициация проекта: от идеи до технического задания	Формирование бизнес-кейса физико-технического проекта. Техничко-экономическое обоснование с учетом физических ограничений. Устав проекта и техническое задание. Анализ заинтересованных сторон. Определение критериев успеха проекта.
3.	Организационные структуры управления инженерными проектами	Функциональная, матричная, проектная структура. Проектный офис. Распределение ответственности. Управление частично занятыми ресурсами.
4.	Планирование содержания и иерархическая структура работ	Методы сбора требований к инженерно-физической системе. Разработка иерархической структуры работ. Контрольные точки. Паспорт работ.
5.	Управление сроками в инженерных проектах	Сетевые графики. Оценка длительности операций с учетом неопределенности. Критический путь. Методы сжатия сроков и их физические риски.
6.	Управление стоимостью и ресурсами	Оценка затрат: прямые и косвенные расходы. Типовые статьи затрат для инженерно-физической лаборатории. Методы оценки стоимости. Бюджетирование. Метод освоенного объема. Управление рисками превышения бюджета.
7.	Управление качеством в инженерных проектах	Понятие качества для физических систем. Планирование качества: метрики. Методы контроля качества. Инструменты управления качеством. Стандарты качества.
8.	Управление рисками в физико-технических проектах	Специфические риски инженерно-физических проектов. Риски моделирования. Качественный и количественный анализ рисков. Матрица вероятность-воздействие. Планирование реагирования на риски.
9.	Управление командой и коммуникации в инженерной среде	Психология взаимодействия участников проекта. Распределённые команды. Коммуникационные протоколы. Управление конфликтами на почве технических решений.
10.	Управление закупками и контрактами с научно-техническими	Закупка уникального оборудования. Техническая спецификация для запроса предложений. Работа с подрядчиками. Типы контрактов и их риски.

	поставщиками	
11.	Agile и гибкие методы в инженерно-физических проектах	Применимость каскадной модели и гибких методов. Scrum для научного приборостроения. Канбан для управления потоком экспериментальных задач. Ограничения гибких методов.
12.	Управление документацией и конфигурациями инженерных систем	Базовая линия проекта и управление изменениями. Инструменты управления версиями. Контроль версий чертежей, схем, спецификаций. Управление конфигурацией измерительных каналов.
13.	Завершение проекта: приёмочные испытания и передача в эксплуатацию	Виды испытаний. Протоколы испытаний. Формальные процедуры закрытия проекта. Анализ накопленного опыта. Передача в эксплуатацию.
14.	Программные инструменты для управления инженерными проектами	Системы отслеживания задач. Программные средства планирования ресурсов. Канбан-доски. Инструменты совместной работы.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в управление инженерными проектами.

Вопросы для обсуждения: Жизненный цикл инженерного проекта: инициация, планирование, исполнение, мониторинг, завершение. Особенности инженерно-физических проектов: высокая неопределённость, физические ограничения, необходимость натурных экспериментов.

Тема 2: Инженерная инициация проекта: от идеи до технического задания.

Вопросы для обсуждения: Формирование бизнес-кейса физико-технического проекта. Техно-экономическое обоснование с учётом физических ограничений. Устав проекта и техническое задание как ключевые документы инициации. Анализ заинтересованных сторон: научный руководитель, инвестор, технолог, сервисная служба.

Тема 3: Организационные структуры управления инженерными проектами.

Вопросы для обсуждения: Функциональная, матричная и проектная структуры управления: преимущества и недостатки для инженерных команд. Выделенный проектный офис в инжиниринговой компании. Распределение ответственности.

Тема 4: Планирование содержания и иерархическая структура работ.

Вопросы для обсуждения: Методы сбора требований к инженерно-физической системе. Разработка иерархической структуры работ для физически сложных проектов. Контрольные точки: верификация физической модели, изготовление прототипа, испытания. Паспорт работ: бюджет времени, оборудование, компетенции.

Тема 5: Управление сроками в инженерных проектах.

Вопросы для обсуждения: Сетевые графики: диаграмма Ганта, метод критического пути, метод оценки и пересмотра планов. Оценка длительности операций с учётом неопределённости. Критический путь для сложных инженерных проектов. Методы сжатия сроков и их физические риски.

Тема 6: Управление стоимостью и ресурсами.

Вопросы для обсуждения: Оценка затрат: прямые и косвенные расходы. Типовые статьи

затрат для инженерно-физической лаборатории. Бюджетирование проекта.

Тема 7: Управление качеством в инженерных проектах.

Вопросы для обсуждения: Понятие качества для физических систем: точностные характеристики, воспроизводимость, надёжность. Планирование качества: метрики. Методы контроля качества.

Тема 8: Управление рисками в физико-технических проектах.

Вопросы для обсуждения: Специфические риски инженерно-физических проектов: пробой изоляции, выход из строя датчиков, срыв поставок уникальных компонентов.

Тема 9: Управление командой и коммуникации в инженерной среде.

Вопросы для обсуждения: Психология взаимодействия физиков-теоретиков, инженеров-разработчиков и техников. Коммуникационные протоколы: проектные совещания, технические отчёты.

Тема 10: Управление закупками и контрактами с научно-техническими поставщиками.

Вопросы для обсуждения: Закупка уникального оборудования. Техническая спецификация для запроса предложений. Работа с подрядчиками: передача технического задания, приёмочные испытания. Типы контрактов: с открытой ценой и фиксированной ценой, их риски для физического проекта.

Тема 11: Agile и гибкие методы в инженерно-физических проектах

Вопросы для обсуждения: Базовая линия проекта и управление изменениями.

Тема 12: Управление документацией и конфигурациями инженерных систем.

Вопросы для обсуждения: Применимость каскадной модели и гибких методов в разработке.

Тема 13: Завершение проекта: приёмочные испытания и передача в эксплуатацию

Вопросы для обсуждения: Виды испытаний: приёмочные, квалификационные, ресурсные. Протоколы испытаний: фиксация физических параметров, сравнение с техническим заданием.

Тема 14: Программные инструменты для управления инженерными проектами.

Вопросы для обсуждения: Системы отслеживания задач.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в управление инженерными проектами.

Вопросы для обсуждения: Анализ отличий проектной деятельности от операционной. Идентификация этапов жизненного цикла на примере инженерно-физического проекта. Определение ролевого состава для заданного типа проекта.

Тема 2: Инженерная инициация проекта: от идеи до технического задания.

Вопросы для обсуждения: Составление устава проекта. Формулировка технического задания. Анализ заинтересованных сторон и определение критериев успеха.

Тема 3: Организационные структуры управления инженерными проектами.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ структур управления. Разработка схемы управления частично занятыми ресурсами.

Тема 4: Планирование содержания и иерархическая структура работ.

Вопросы для обсуждения: Определение контрольных точек. Составление паспорта работ.

Тема 5: Управление сроками в инженерных проектах.

Вопросы для обсуждения: Построение диаграммы Ганта. Расчёт критического пути.

Тема 6: Управление стоимостью и ресурсами.

Вопросы для обсуждения: Расчёт прямых и косвенных затрат для инженерной лаборатории. Применение методов оценки стоимости. Составление бюджета проекта. Расчёт освоенного объёма.

Тема 7: Управление качеством в инженерных проектах.

Вопросы для обсуждения: Разработка метрик качества для физической системы.

Тема 8: Управление рисками в физико-технических проектах.

Вопросы для обсуждения: Идентификация специфических рисков.

Тема 9: Управление командой и коммуникации в инженерной среде.

Вопросы для обсуждения: Разработка коммуникационного протокола для проекта. Анализ конфликтных ситуаций.

Тема 10: Управление закупками и контрактами с научно-техническими поставщиками.

Вопросы для обсуждения: Разработка плана приёмочных испытаний для поставляемого оборудования.

Тема 11: Agile и гибкие методы в инженерно-физических проектах

Вопросы для обсуждения: Планирование спринта в Scrum для научного приборостроения.

Тема 12: Управление документацией и конфигурациями инженерных систем.

Вопросы для обсуждения: Настройка базовой линии проекта.

Тема 13: Завершение проекта: приёмочные испытания и передача в эксплуатацию

Вопросы для обсуждения: Разработка плана приёмочных испытаний. Составление протоколов испытаний.

Тема 14: Программные инструменты для управления инженерными проектами.

Вопросы для обсуждения: Настройка системы отслеживания задач. Работа в инструменте планирования ресурсов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Жизненный цикл инженерного проекта. Особенности инженерно-физических проектов. Техно-экономическое обоснование. Устав и техническое задание. Анализ заинтересованных сторон. Организационные структуры управления. Иерархическая структура работ. Контрольные точки. Сетевые графики. Оценка затрат и бюджетирование. Планирование качества. Инструменты контроля качества. Специфические риски. Коммуникационные протоколы. Закупка оборудования. Типы контрактов. Базовая линия проекта. Приёмочные испытания.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Разработка технико-экономического обоснования. Составление устава и технического задания. Разработка иерархической структуры работ. Построение сетевого графика. Расчёт затрат и бюджета. Разработка метрик качества. Идентификация рисков. Разработка коммуникационного протокола. Составление технической спецификации. Разработка плана испытаний.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Жизненный цикл проекта. Особенности инженерно-физических проектов. Техническое задание. Иерархическая структура работ. Сетевой график. Бюджетирование. Метрики качества. Матрица рисков. Приёмочные испытания. Инструменты управления проектами.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в управление инженерными проектами	ОПК-2	Тестирование
Инженерная инициация проекта: от идеи до технического задания	ОПК-2	Тестирование
Организационные структуры управления инженерными проектами	ОПК-2	Тестирование
Планирование содержания и иерархическая структура работ	ОПК-2	Тестирование
Управление сроками в инженерных проектах	ОПК-2	Тестирование
Управление стоимостью и ресурсами	ОПК-2	Тестирование
Управление качеством в инженерных проектах	ОПК-2	Тестирование
Управление рисками в физико-технических проектах	ОПК-2	Тестирование
Управление командой и коммуникации в инженерной среде	ОПК-2	Тестирование

Управление закупками и контрактами с научно-техническими поставщиками	ОПК-2	Тестирование
Agile и гибкие методы в инженерно-физических проектах	ОПК-2	Тестирование
Управление документацией и конфигурациями инженерных систем	ОПК-2	Тестирование
Завершение проекта: приёмочные испытания и передача в эксплуатацию	ОПК-2	Тестирование
Программные инструменты для управления инженерными проектами	ОПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

По теме 1. Введение в управление инженерными проектами

1. Что из перечисленного является ключевым отличием проекта от операционной деятельности?

- А) Повторяемость процессов
- Б) Уникальность результата и ограниченность во времени
- В) Отсутствие бюджета
- Г) Необходимость в большом количестве персонала

2. Какой этап жизненного цикла проекта следует за этапом планирования?

- А) Инициация
- Б) Завершение
- В) Исполнение
- Г) Мониторинг

3. Какая особенность характерна для инженерно-физических проектов?

- А) Полная предсказуемость результатов
- Б) Отсутствие физических ограничений
- В) Высокая неопределённость и необходимость натурных экспериментов
- Г) Минимальные требования к точности измерений

4. Кто выполняет роль технического лидера в инженерном проекте?

- А) Финансовый директор
- Б) Инженер, отвечающий за технические решения и координацию разработки
- В) Юрист по контрактам
- Г) Специалист по закупкам

5. Какие документы являются ключевыми на этапе инициации инженерного проекта?

- А) Сетевой график и диаграмма Ганта
- Б) Устав проекта и техническое задание
- В) Финальный отчёт и протокол испытаний
- Г) Бюджет и матрица ответственности

6. Что из перечисленного относится к критериям успеха инженерно-физического проекта?

- А) Только соблюдение бюджета
- Б) Только соблюдение сроков
- В) Физические параметры, точность, быстродействие, энергоэффективность
- Г) Количество сотрудников в команде

7. Какой этап жизненного цикла проекта включает разработку устава и технического задания?
- А) Планирование
 - Б) Инициация
 - В) Исполнение
 - Г) Завершение
8. Что из перечисленного является примером операционной деятельности?
- А) Разработка нового экспериментального стенда
 - Б) Создание цифрового двойника установки
 - В) Ежедневная калибровка измерительного оборудования
 - Г) Проектирование вакуумной системы
9. Какая роль в проекте отвечает за конечный результат и выделение ресурсов?
- А) Инженер-проектировщик
 - Б) Технический лидер
 - В) Пользователь
 - Г) Заказчик
10. Что означает термин «высокая неопределённость» применительно к инженерно-физическим проектам?
- А) Отсутствие финансирования
 - Б) Невозможность точно предсказать все технические результаты на старте проекта
 - В) Постоянная смена команды проекта
 - Г) Отсутствие документации
11. Какой этап жизненного цикла включает сравнение фактических показателей с плановыми?
- А) Инициация
 - Б) Планирование
 - В) Исполнение
 - Г) Мониторинг
12. Что из перечисленного является обязательным документом на этапе инициации проекта?
- А) Финальный отчёт
 - Б) Техническое задание
 - В) Акт сдачи-приёмки
 - Г) Протокол испытаний
13. Какая особенность отличает инженерно-физический проект от ИТ-проекта?
- А) Отсутствие бюджета
 - Б) Необходимость проведения натурных экспериментов и учёта физических ограничений
 - В) Отсутствие заказчика
 - Г) Минимальная длительность
14. Что из перечисленного относится к физическим ограничениям инженерного проекта?
- А) Бюджет проекта
 - Б) Сроки выполнения
 - В) Законы сохранения энергии, массы, пределы прочности материалов
 - Г) Квалификация персонала
15. Какой документ фиксирует накопленный опыт по завершении проекта?
- А) Устав проекта
 - Б) Техническое задание
 - В) Анализ накопленного опыта
 - Г) План управления рисками

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Отличия проекта от операционной деятельности. Жизненный цикл инженерного проекта.
2. Особенности инженерно-физических проектов: высокая неопределённость, физические ограничения, натурные эксперименты.
3. Основные роли в инженерном проекте: инженер-проектировщик, технический лидер, заказчик, пользователь.
4. Формирование бизнес-кейса и технико-экономическое обоснование физико-технического проекта.
5. Устав проекта и техническое задание как ключевые документы инициации.
6. Анализ заинтересованных сторон инженерного проекта.
7. Критерии успеха инженерно-физического проекта: физические параметры, точность, быстродействие, энергоэффективность.
8. Функциональная, матричная и проектная структуры управления: преимущества и недостатки.
9. Управление частично занятыми ресурсами в инженерном проекте: лабораторное оборудование, измерительные стенды.
10. Иерархическая структура работ и контрольные точки проекта.
11. Сетевые графики: диаграмма Ганта, метод критического пути.
12. Оценка длительности операций с учётом неопределённости.
13. Оценка затрат: прямые и косвенные расходы. Методы оценки стоимости.
14. Бюджетирование инженерного проекта. Метод освоенного объёма.
15. Планирование качества в инженерных проектах. Метрики качества.
16. Специфические риски физико-технических проектов. Матрица вероятность-воздействие.
17. Коммуникационные протоколы и управление конфликтами в инженерной среде.
18. Закупка уникального оборудования. Типы контрактов с научно-техническими поставщиками.
19. Приёмочные испытания и передача проекта в эксплуатацию.
20. Анализ накопленного опыта и закрытие проекта.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать	отлично	зачтено	86-100

		проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Попов, Ю.И. Управление проектами: учебное пособие для бакалавров / Ю.И. Попов, О.В. Яковенко. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 208 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-015151-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1856390>
2. Балашов, А.И. Управление проектами: учебник для бакалавров / А.И. Балашов, Е.М. Рогова. — Москва: Юрайт, 2021. — 383 с. — ISBN 978-5-534-03138-2. — Текст:

электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162430>

Дополнительная литература

1. Троцкий, М.В. Управление проектами: учебное пособие / М.В. Троцкий. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 144 с. — ISBN 978-5-16-017230-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1962743>

2. Мазур, И.И. Управление проектами: учебное пособие для вузов / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. — 10-е изд., стер. — Москва: Омега-Л, 2020. — 960 с. — ISBN 978-5-370-04842-7. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/159857>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Электроника и микроэлектроника»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Технологии производства электронных устройств»
 - 4.2. Программа дисциплины «Системы автоматизированного проектирования печатных плат»
 - 4.3. Программа дисциплины «Микропроцессорные технологии и интегральные схемы»
 - 4.4. Программа дисциплины «Языки проектирования процессоров и FPGA»
 - 4.5. Программа дисциплины «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств»
 - 4.6. Программа дисциплины «Стандартизация и технические измерения в электронике»
 - 4.7. Программа дисциплины «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Электроника и микроэлектроника»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение методов чтения и анализа конструкторской документации и 3D-моделей электронных устройств с учётом требований технологичности.
2. Изучение технологий производства электронных устройств и систем автоматизированного проектирования печатных плат для разработки конструкторской и технологической документации.
3. Формирование знаний о микропроцессорных технологиях, интегральных схемах, языках проектирования процессоров и программируемых логических интегральных схемах (FPGA).
4. Приобретение навыков разработки технологической документации на основе конструкторской документации и 3D-моделей образцов изделий.
5. Изучение методов и средств контроля и измерения параметров материалов, компонентов и готовых электронных устройств с использованием специального оборудования.
6. Освоение методик проведения испытаний (в том числе для подтверждения свойств материалов) и анализа их результатов.
7. Формирование умений составлять программы испытаний разрабатываемых изделий и разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на испытательную оснастку.
8. Изучение стандартизации и технических измерений в электронике, а также требований промышленной безопасности и охраны труда при производстве электронных средств.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов.	Знать: методы разработки конструкторской документации и 3D-моделей в CAD/CAE-системах с учётом технологичности, архитектуру микропроцессоров и FPGA, технологии производства и контроля качества электронных

характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	устройств, стандартизацию и требования безопасности. Уметь: разрабатывать документацию и 3D-модели, проводить стационарные и нестационарные расчёты в САЕ-системах, программировать микроконтроллеры и FPGA. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей, их преобразования в расчётные модели, выбора технологических решений и работы с испытательным оборудованием.
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: правила чтения и разработки конструкторской и технологической документации на электронные устройства, методы проектирования печатных плат в САПР, архитектуру микропроцессорных систем и FPGA, а также стандартизацию, технические измерения и требования промышленной безопасности; свойства материалов электронной техники, методы контроля параметров и порядок проведения климатических, механических и электрических испытаний для подтверждения свойств изделий. Уметь: читать комплекты конструкторской документации и 3D-модели, разрабатывать на их основе технологическую документацию, составлять программы испытаний и проектную документацию на испытательную оснастку; применять системы автоматизированного проектирования печатных плат, программировать микроконтроллеры и FPGA на языках описания аппаратуры, а также использовать специальное оборудование для контроля и измерения параметров материалов и готовых устройств. Владеть: навыками работы с конструкторской и

		технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, методами контроля качества электронных устройств и технологической оптимизации производства; приёмами чтения чертежей, схем и спецификаций, оценкой технологичности конструкций и разработкой технологических карт сборки и монтажа электронных узлов.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: порядок составления программ испытаний электронных устройств и требования к оформлению конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку; методы и средства контроля качества, технических измерений и испытаний с использованием специального оборудования; стандартизацию в области электроники, правила промышленной безопасности и охраны труда при проведении испытательных работ. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией в процессе подготовки и проведения испытаний электронных устройств; составлять программы испытаний разрабатываемых изделий и разрабатывать документацию на необходимую испытательную оснастку; применять специальное оборудование для контроля параметров материалов, компонентов и готовых электронных устройств, а также обрабатывать и интерпретировать результаты измерений. Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской документации, 3D-моделей и схем при проведении испытаний; методами разработки технологической документации на испытательные стенды, приспособления и оснастку; приёмами работы со специальным

		испытательным и измерительным оборудованием в соответствии с требованиями технологичности и безопасности.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технологии производства электронных устройств».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о современных технологических процессах изготовления электронных устройств, включая производство печатных плат, поверхностный монтаж, автоматизированный контроль качества, стандартизацию и обеспечение надежности, а также освоение практических навыков проектирования технологичных конструкций и использования цифровых инструментов для решения профессиональных задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: правила чтения и разработки конструкторской документации и 3D-моделей электронных устройств с учётом требований технологичности; технологические процессы производства многослойных и HDI-печатных плат, SMT-сборки, а также свойства материалов электронной техники; стандарты электронной промышленности, методы контроля качества и испытаний для подтверждения свойств материалов и надёжности. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели, разрабатывать на их основе технологическую документацию; пользоваться оборудованием для контроля и измерения параметров и проводить испытания для подтверждения свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией при подготовке производства электронных устройств, а также методами выявления и предотвращения технологических дефектов SMT-сборки; приёмами оценки технологичности электронных конструкций и разработки

		технологических карт с использованием CAD/CAM-систем и стандартов качества IPC.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологии производства электронных устройств» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Современное электронное производство	Структура электронной промышленности, контрактное производство электроники, PCB-производство, EMS-компании, цифровизация производственных цепочек.
2.	Конструкция электронного устройства как объект производства	Технологичность конструкции, DFM, DFA, DFT, ограничения массового производства, требования к проектированию электронных устройств.
3.	Технологии производства печатных плат	Многослойные платы, HDI-платы, металлизация отверстий, производственные допуски, особенности подготовки PCB к производству.
4.	SMT-производство	Архитектура SMT-линии, трафаретная печать, pick-and-place системы, печи оплавления, профили пайки.
5.	Технологические дефекты SMT-сборки	Классификация дефектов пайки и монтажа, tombstone, void-дефекты, смещение компонентов, методы предотвращения дефектов.
6.	Стандарты электронной промышленности	IPC-A-610, IPC J-STD-001, IPC-2221, классы электронных изделий, требования к качеству

		электронных сборок.
7.	Автоматизированный контроль качества	AOI, AXI, SPI-контроль, электрическое тестирование, Boundary Scan, методы диагностики электронных устройств.
8.	Надёжность электронных устройств	Тепловые режимы, электромиграция, термоциклирование, анализ отказов, методы повышения надёжности.
9.	CAD/CAM и цифровое производство	Altium Designer, CAM350, Gerber и ODB++, панелизация, MES-системы, цифровые двойники, Индустрия 4.0.
10.	Перспективные технологии	Гибкая и печатная электроника, wearable electronics, printed electronics, обзор технологий микро- и нанoeлектроники.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Современное электронное производство

Вопросы для обсуждения: Структура электронной промышленности. Контрактное производство электроники. PCB-производство и EMS-компании. Цифровизация производственных цепочек.

Тема 2: Конструкция электронного устройства как объект производства

Вопросы для обсуждения: Технологичность конструкции. Принципы DFM, DFA, DFT. Ограничения массового производства. Требования к проектированию электронных устройств.

Тема 3: Технологии производства печатных плат

Вопросы для обсуждения: Многослойные и HDI-платы. Металлизация отверстий. Производственные допуски. Особенности подготовки PCB к производству.

Тема 4: SMT-производство

Вопросы для обсуждения: Архитектура SMT-линии. Трафаретная печать. Pick-and-place системы. Печи оплавления. Профили пайки.

Тема 5: Технологические дефекты SMT-сборки

Вопросы для обсуждения: Классификация дефектов пайки и монтажа. Дефект tombstone. Void-дефекты. Смещение компонентов. Методы предотвращения дефектов.

Тема 6: Стандарты электронной промышленности

Вопросы для обсуждения: Стандарты IPC-A-610, IPC J-STD-001, IPC-2221. Классы электронных изделий. Требования к качеству электронных сборок.

Тема 7: Автоматизированный контроль качества

Вопросы для обсуждения: AOI, AXI, SPI-контроль. Электрическое тестирование. Boundary Scan. Методы диагностики электронных устройств.

Тема 8: Надёжность электронных устройств

Вопросы для обсуждения: Тепловые режимы. Электромиграция. Термоциклирование. Анализ отказов. Методы повышения надёжности.

Тема 9: CAD/CAM и цифровое производство

Вопросы для обсуждения: Altium Designer, CAM350. Форматы Gerber и ODB++. Панелизация. MES-системы. Цифровые двойники. Индустрия 4.0.

Тема 10: Перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Гибкая и печатная электроника. Wearable electronics. Printed electronics. Обзор технологий микро- и нанoeлектроники.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Современное электронное производство

Вопросы для обсуждения: Анализ структуры электронной промышленности. Оценка рынка EMS-компаний. Разбор примеров цифровизации производств.

Тема 2: Конструкция электронного устройства как объект производства

Вопросы для обсуждения: Оценка технологичности готового чертежа. Разработка рекомендаций по DFM. Анализ соответствия требованиям массового производства.

Тема 3: Технологии производства печатных плат

Вопросы для обсуждения: Проектирование топологии многослойной платы. Расчёт производственных допусков. Подготовка данных для изготовления PCB.

Тема 4: SMT-производство

Вопросы для обсуждения: Настройка профиля оплавления. Расчёт параметров трафаретной печати. Оптимизация работы pick-and-place.

Тема 5: Технологические дефекты SMT-сборки

Вопросы для обсуждения: Идентификация дефектов по фотографиям. Анализ причин возникновения. Разработка мер предотвращения.

Тема 6: Стандарты электронной промышленности

Вопросы для обсуждения: Применение IPC-A-610 для оценки качества. Определение класса изделия по стандартам. Составление контрольного листа.

Тема 7: Автоматизированный контроль качества

Вопросы для обсуждения: Настройка AOI. Анализ результатов SPI.

Тема 8: Надёжность электронных устройств

Вопросы для обсуждения: Расчёт тепловых режимов. Планирование ускоренных испытаний. Анализ отказов по реальным примерам.

Тема 9: CAD/CAM и цифровое производство

Вопросы для обсуждения: Панелизация плат. Работа в MES-системе. Построение цифрового двойника.

Тема 10: Перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Проектирование гибкой платы. Обзор технологий печатной электроники. Анализ примеров носимых устройств.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Современное электронное производство. Конструкция электронного устройства как объект производства. Технологии производства печатных плат. SMT-производство. Технологические дефекты SMT-сборки. Стандарты электронной промышленности. Автоматизированный контроль качества. Надёжность электронных устройств. CAD/CAM и цифровое производство. Перспективные технологии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Оценка технологичности электронных конструкций. Расчёт производственных допусков печатных плат. Настройка профиля оплавления. Идентификация и анализ дефектов SMT-сборки. Применение стандартов IPC для контроля качества. Расчёт тепловых режимов и ускоренных испытаний. Проектирование гибких и печатных электронных устройств.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура EMS-компаний и цифровизация производства. Принципы DFM, DFA,

DFT. Технологии изготовления многослойных и HDI-плат. Этапы SMT-линии и профили пайки. Дефекты tombstone, void, смещение компонентов. Классы электронных изделий по IPC-A-610. Методы AOI, AXI, SPI, Boundary Scan. Анализ отказов и повышение надёжности. Форматы Gerber, ODB++, MES-системы. Гибкая и печатная электроника.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Современное электронное производство	ПК-2.	Тестирование
Конструкция электронного устройства как объект производства	ПК-2.	Тестирование
Технологии производства печатных плат	ПК-2.	Тестирование

SMT-производство	ПК-2.	Тестирование
Технологические дефекты SMT-сборки	ПК-2.	Тестирование
Стандарты электронной промышленности	ПК-2.	Тестирование
Автоматизированный контроль качества	ПК-2.	Тестирование
Надёжность электронных устройств	ПК-2.	Тестирование
CAD/CAM и цифровое производство	ПК-2.	Тестирование
Перспективные технологии	ПК-2.	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Современное электронное производство»

1. Что означает аббревиатура EMS в электронной промышленности?
 - a) Electronic Manufacturing Services
 - б) Electro Mechanical Systems
 - в) Embedded Memory Storage
 - г) Energy Management System
2. Какая компания является типичным представителем EMS-производителя?
 - a) Intel
 - б) Foxconn
 - в) Microsoft
 - г) Samsung (подразделение полупроводников)
3. Что такое PCB?
 - a) Programmable Circuit Board
 - б) Printed Circuit Board
 - в) Power Control Box
 - г) Process Control Block
4. Какой этап является первым в типовой цепочке контрактного производства электроники?
 - a) SMT-монтаж
 - б) Закупка компонентов
 - в) Проектирование и подготовка Gerber-файлов
 - г) Электрическое тестирование
5. Что такое цифровизация производственных цепочек в электронике?
 - a) Использование цифровых двойников и MES-систем
 - б) Замена всех рабочих роботами
 - в) Отказ от бумажной документации
 - г) Печать плат на 3D-принтере
6. Какая страна является мировым лидером по объёму EMS-услуг?
 - a) США
 - б) Германия
 - в) Китай
 - г) Япония
7. Что из перечисленного относится к преимуществам контрактного производства?
 - a) Полный контроль над технологиями
 - б) Снижение капитальных затрат на оборудование

- в) Увеличение времени вывода продукта на рынок
 - г) Обязательное раскрытие всех ноу-хау
8. Что такое ODM в отличие от EMS?
- а) ODM только собирает, EMS разрабатывает
 - б) ODM разрабатывает и производит под брендом заказчика, EMS только производит по готовой документации
 - в) ODM занимается только тестированием
 - г) ODM не работает с электроникой
9. Какой формат файлов является стандартом для передачи данных о печатной плате на производство?
- а) PDF
 - б) DWG
 - в) Gerber
 - г) STL
10. Что такое Industry 4.0 применительно к электронному производству?
- а) Замена всех операторов
 - б) Полная автоматизация и цифровизация с обменом данными в реальном времени
 - в) Использование только одного поставщика
 - г) Отказ от печатных плат
11. Какая из перечисленных компаний является классическим EMS-провайдером?
- а) Apple
 - б) TSMC
 - в) Flex Ltd. (бывшая Flextronics)
 - г) ASML
12. Что означает термин «panelization» в PCB-производстве?
- а) Создание панели управления
 - б) Объединение нескольких плат в одну панель для оптимизации сборки
 - в) Нанесение защитной панели на плату
 - г) Удаление панельных заусенцев
13. Какой показатель характеризует эффективность SMT-линии?
- а) Общее время безотказной работы
 - б) Количество дефектов на миллион компонентов (DPMO)
 - в) Скорость печати трафарета
 - г) Напряжение питания
14. Что такое NPI в EMS-индустрии?
- а) Non-Production Item
 - б) New Product Introduction – запуск нового изделия в производство
 - в) National Procurement Index
 - г) Negative Process Inspection
15. Какая доля мирового рынка электроники приходится на EMS-компании (приблизительно)?
- а) Менее 10%
 - б) Около 30-35%
 - в) Более 70%
 - г) Почти 100%
16. Что из перечисленного является основным драйвером перехода на контрактное производство?
- а) Желание сохранить рабочие места
 - б) Сосредоточение на ключевых компетенциях (брендинг, разработка)
 - в) Увеличение налогов
 - г) Требования профсоюзов
17. Какой документ регламентирует качество электронных сборок в мировой практике?

- а) ISO 9001
- б) IPC-A-610
- в) ГОСТ РВ 15.000
- г) IATF 16949

18. Что такое «цифровой двойник» производственной линии?

- а) Виртуальная копия линии для моделирования и оптимизации
- б) Дублирующая линия на случай поломки
- в) Программа обучения операторов
- г) Робот-двойник

19. Что характеризует концепцию «Smart Factory»?

- а) Наличие кондиционеров
- б) Полностью автоматизированная и взаимосвязанная производственная система
- в) Использование смартфонов у рабочих
- г) Отсутствие людей

20. Какой из перечисленных факторов наиболее важен при выборе EMS-партнёра?

- а) Наличие офиса в той же стране
- б) Опыт производства аналогичных изделий и качество
- в) Цвет униформы сотрудников
- г) Наличие футбольного поля

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Структура электронной промышленности. Контрактное производство электроники и EMS-компании.
2. Цифровизация производственных цепочек в электронной промышленности.
3. Технологичность конструкции электронного устройства. Принципы DFM, DFA, DFT.
4. Требования к проектированию электронных устройств для массового производства.
5. Технологии производства многослойных печатных плат.
6. HDI-платы: особенности и производственные допуски.
7. Металлизация отверстий в печатных платах. Подготовка PCB к производству.
8. Архитектура SMT-линии. Трафаретная печать и pick-and-place системы.
9. Печи оплавления и профили пайки в SMT-производстве.
10. Классификация технологических дефектов SMT-сборки.
11. Дефект tombstone и void-дефекты: причины возникновения и методы предотвращения.
12. Смещение компонентов и другие дефекты монтажа на печатные платы.
13. Стандарты IPC в электронной промышленности. Стандарты IPC-A-610 и IPC J-STD-001.
14. Классы электронных изделий согласно IPC-2221. Требования к качеству электронных сборок.
15. Автоматизированный контроль качества: AOI, AXI, SPI-контроль.
16. Электрическое тестирование и Boundary Scan. Методы диагностики электронных устройств.
17. Надёжность электронных устройств: тепловые режимы, электромиграция, термоциклирование.
18. Анализ отказов и методы повышения надёжности электронных устройств.
19. CAD/CAM и цифровое производство. Форматы Gerber и ODB++. Панелизация и MES-системы.
20. Цифровые двойники и Индустрия 4.0. Перспективные технологии: гибкая, печатная электроника, wearable electronics.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически	удовлетворительно		55-70

(достаточный)		контролируемого материала			
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55	

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебник для вузов / Н. К. Юрков. – 2-е изд., испр., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-1552-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168617>
2. Лазутин, Ю. Д. Технология электронных средств: учебник / Ю. Д. Лазутин, В. П. Корячко, В. В. Сускин. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. – 286 с. – ISBN 978-5-7038-3740-5. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=423844>

Дополнительная литература:

1. Селиванова, З. М. Технология производства электронных средств: учебное пособие / З. М. Селиванова. – Тамбов: ТГТУ, 2017. – 80 с. – ISBN 978-5-8265-1734-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/122057>
2. Наракидзе, Н. Д. Основы проектирования и конструирования приборов и систем: учебное пособие / Н. Д. Наракидзе, А. М. Ланкин, М. В. Ланкин и др. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2022. – 96 с. – ISBN 978-5-9997-0813-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/221043>
3. Bogatin, E. Signal and Power Integrity - Simplified / E. Bogatin. — 2th ed. — Boston: Pearson Education (Addison-Wesley), 2021. — 1056 p. — ISBN 978-0137453306.
4. Pecht, M. Encapsulation Technologies for Electronic Applications / M. Pecht, A. Fowler. — 2nd ed. — Oxford: Elsevier Academic Press, 2018. — 480 p. — ISBN 978-0443159947.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.
ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".
НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
ЭБС Консультант студента
ПРОСПЕКТ ЭБС
Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

- KiCad - Schematic Capture & PCB Design Software
- Altium Designer;
- CAM350 / Valor;
- Proteus Design Suite;
- Autodesk Fusion 360 Electronics;
- ANSYS Icepak или SolidWorks Flow Simulation;
- ПО для анализа Gerber/ODB++ данных.

–

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Системы автоматизированного проектирования печатных плат».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области автоматизированного проектирования печатных плат с использованием современных САД-систем, стандартов и методов схемотехнического проектирования, высокоскоростной трассировки, анализа целостности сигналов и электромагнитной совместимости, а также освоение процессов подготовки производства и интеграции для решения профессиональных задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: современные САД-системы проектирования печатных плат, стандарты IPC, методы схемотехнического проектирования, трассировки, анализа целостности сигналов и электромагнитной совместимости, а также форматы выходных данных для производства. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели печатных плат с учётом технологичности, выполнять высокоскоростную трассировку, строить модели в САЕ-системах и проводить стационарные и нестационарные расчёты. Владеть:.. навыками сквозного проектирования печатных плат в САД-системах, учёта технологических ограничений, формирования производственной документации и интеграции ECAD/MCAD для проверки коллизий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования печатных плат»

представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в PCB CAD-системы	Современные САПР печатных плат. Жизненный цикл электронного устройства. Обзор Altium Designer и KiCad. Структура PCB-проекта.
2.	IPC-стандарты и библиотеки компонентов	Стандарты IPC-2221 и IPC-7351B. Создание символов, footprint и 3D-моделей компонентов.
3.	Схемотехническое проектирование	Разработка электрических схем. Иерархические схемы. Net Classes. Генерация BOM.
4.	DFM и технологические ограничения	Требования производства PCB. Типы vias, минимальные зазоры, требования SMT-монтажа.
5.	Stackup и многослойные платы	Проектирование стека слоев. FR-4 и Rogers. Blind/Buried vias. Контроль импеданса.
6.	Высокоскоростная трассировка	Дифференциальные пары. DDR/USB/Ethernet routing. Length Matching и topology routing.
7.	Signal Integrity и Power Integrity	Анализ Crosstalk, reflections, PDN и IR Drop. Размещение развязывающих конденсаторов.
8.	ЕМС/ЕМИ и защита от помех	Grounding, split planes, экранирование и снижение электромагнитных помех.
9.	САМ-подготовка и документация	Gerber X2, ODB++, Drill files, Pick-and-Place и производственная документация.
10.	ЕСАД/МСАД и итоговый проект	Интеграция ЕСАД/МСАД, collision detection и выполнение сквозного PCB-проекта.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в PCB CAD-системы.

Вопросы для обсуждения: Определение и назначение САПР печатных плат. Жизненный цикл электронного устройства. Обзор современных CAD-систем: Altium Designer, KiCad. Структура PCB-проекта.

Тема 2: IPC-стандарты и библиотеки компонентов.

Вопросы для обсуждения: Стандарты IPC-2221 и IPC-7351B. Создание условных графических обозначений. Разработка посадочных мест и 3D-моделей компонентов. Организация библиотек.

Тема 3: Схемотехническое проектирование

Вопросы для обсуждения: Разработка электрических принципиальных схем. Иерархические схемы. Классы цепей. Генерация спецификации материалов.

Тема 4: DFM и технологические ограничения

Вопросы для обсуждения: Требования производства печатных плат. Типы переходных отверстий. Минимальные зазоры и ширины проводников. Требования к SMT-монтажу.

Тема 5: Stackup и многослойные платы

Вопросы для обсуждения: Проектирование стека слоёв. Материалы FR-4 и Rogers. Слепые и скрытые отверстия. Контроль волнового сопротивления.

Тема 6: Высокоскоростная трассировка

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные пары. Маршрутизация цепей DDR, USB, Ethernet. Согласование длин линий. Топология трассировки.

Тема 7: Signal Integrity и Power Integrity

Вопросы для обсуждения: Анализ перекрёстных помех. Отражения сигналов. Целостность питания. Падение напряжения. Размещение развязывающих конденсаторов.

Тема 8: EMC/EMI и защита от помех

Вопросы для обсуждения: Заземление. Разделение полигонов. Экранирование. Методы снижения электромагнитных помех.

Тема 9: CAM-подготовка и документация

Вопросы для обсуждения: Форматы Gerber X2, ODB++. Создание сверловочных файлов. Подготовка документации для автоматической сборки. Выпуск производственных файлов.

Тема 10: ECAD/MCAD и итоговый проект

Вопросы для обсуждения: Интеграция электронного и механического проектирования. Обнаружение коллизий. Сквозной проект печатной платы от схемы до документации.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в PCB CAD-системы.

Вопросы для обсуждения: Интерфейс CAD-системы. Настройка рабочей среды. Создание и сохранение проекта. Импорт и экспорт данных.

Тема 2: IPC-стандарты и библиотеки компонентов.

Вопросы для обсуждения: Создание символа компонента по даташиту. Разработка посадочного места в соответствии с IPC. Добавление 3D-модели. Ведение библиотеки.

Тема 3: Схемотехническое проектирование

Вопросы для обсуждения: Размещение компонентов на схеме. Соединение цепей. Назначение классов цепей. Формирование спецификации.

Тема 4: DFM и технологические ограничения

Вопросы для обсуждения: Настройка правил проектирования. Проверка зазоров и ширин проводников. Выбор типов отверстий.

Тема 5: Stackup и многослойные платы

Вопросы для обсуждения: Настройка стека слоёв. Расчёт импеданса. Добавление слепых и скрытых отверстий.

Тема 6: Высокоскоростная трассировка

Вопросы для обсуждения: Трассировка дифференциальных пар. Согласование длин линий. Маршрутизация шин памяти.

Тема 7: Signal Integrity и Power Integrity

Вопросы для обсуждения: Запуск анализа целостности сигналов. Интерпретация временных диаграмм. Размещение развязывающих конденсаторов.

Тема 8: EMC/EMI и защита от помех

Вопросы для обсуждения: Создание заземляющих полигонов. Разделение аналоговой и цифровой земли. Добавление экранирующих дорожек.

Тема 9: CAM-подготовка и документация

Вопросы для обсуждения: Генерация Gerber-файлов. Проверка сверловочных файлов. Экспорт Pick-and-Place. Формирование отчётов.

Тема 10: ECAD/MCAD и итоговый проект

Вопросы для обсуждения: Экспорт 3D-модели платы в MCAD. Проверка коллизий с корпусом. Выполнение сквозного проекта. Оформление итоговой документации.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в PCB CAD-системы. IPC-стандарты и библиотеки компонентов. Схемотехническое проектирование. DFM и технологические ограничения. Stackup и многослойные платы. Высокоскоростная трассировка. Signal Integrity и Power Integrity. EMC/EMI и защита от помех. CAM-подготовка и документация. ECAD/MCAD и итоговый проект.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Настройка CAD-системы и создание проекта. Создание символов и посадочных мест по даташитах. Разработка электрической схемы и генерация спецификации. Настройка правил проектирования и проверка зазоров. Проектирование стека слоёв и расчёт импеданса. Трассировка дифференциальных пар и согласование длин. Анализ целостности сигналов и размещение развязывающих конденсаторов. Организация заземления и экранирования. Генерация Gerber-файлов и выходной документации. Интеграция 3D-модели платы с корпусом.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура PCB-проекта. IPC-стандарты для библиотек компонентов. Правила схемотехнического проектирования. Технологические ограничения DFM. Материалы и конструкция многослойных плат. Требования к высокоскоростной трассировке. Анализ целостности сигналов и питания. Методы обеспечения электромагнитной совместимости. Форматы выходных данных для производства. Этапы сквозного проектирования печатной платы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие

действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в PCB CAD-системы	ПК-1	Тестирование
IPC-стандарты и библиотеки компонентов	ПК-1	Тестирование
Схемотехническое проектирование	ПК-1	Тестирование
DFM и технологические ограничения	ПК-1	Тестирование
Stackup и многослойные платы	ПК-1	Тестирование
Высокоскоростная трассировка	ПК-1	Тестирование
Signal Integrity и Power Integrity	ПК-1	Тестирование
ЕМС/ЕМІ и защита от помех	ПК-1	Тестирование
CAM-подготовка и документация	ПК-1	Тестирование
ECAD/MCAD и итоговый проект	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в РСВ CAD-системы»

1. Что означает аббревиатура РСВ?

- а) Programmable Circuit Board
- б) Printed Circuit Board
- в) Power Control Board
- г) Process Control Block

2. Какая CAD-система является профессиональным инструментом для проектирования печатных плат?

- а) AutoCAD
- б) Altium Designer
- в) CorelDRAW
- г) Adobe Illustrator

3. Какой формат файлов является стандартным для хранения данных о печатной плате?

- а) PDF
- б) DWG
- в) PCB
- г) DOCX

4. Что такое жизненный цикл электронного устройства?

- а) Время работы устройства до первого ремонта
- б) Последовательность этапов от идеи до утилизации
- в) Гарантийный срок службы
- г) Время производства устройства

5. Какая из перечисленных CAD-систем распространяется как бесплатное ПО с открытым исходным кодом?

- а) Altium Designer
- б) KiCad
- в) PADS
- г) Allegro

6. Что включает в себя структура РСВ-проекта?

- а) Только схему электрическую принципиальную
- б) Только топологию печатной платы
- в) Схему, плату, библиотеки, выходные файлы
- г) Только спецификацию компонентов

7. Для чего предназначена система САПР печатных плат?

- а) Для расчёта механических нагрузок
- б) Для автоматизированного проектирования электронных схем и топологии плат
- в) Для написания микропрограмм
- г) Для тестирования готовых изделий

8. Какой этап жизненного цикла предшествует проектированию печатной платы?

- а) Производство
- б) Эксплуатация
- в) Техническое задание и разработка концепции
- г) Утилизация

9. Что из перечисленного является результатом работы в CAD-системе после завершения трассировки?

- а) Принципиальная схема
- б) Gerber-файлы
- в) Блок-схема алгоритма
- г) Монтажная схема соединений

10. Какую функцию выполняет система Altium Designer?

- а) Только 3D-моделирование деталей
- б) Сквозное проектирование печатных плат от схемы до производства
- в) Только расчёт тепловых режимов
- г) Только создание библиотек компонентов

11. Что такое «схема электрическая принципиальная»?

- а) Топология расположения компонентов на плате
- б) Графическое отображение электрических соединений между компонентами
- в) Перечень элементов для закупки
- г) Чертеж печатной платы в масштабе

12. Какой компонент обязателен для создания печатной платы?

- а) Микроконтроллер
- б) Разъём питания
- в) Топология проводников и контактных площадок
- г) Жидкокристаллический дисплей

13. Для чего используется 3D-модель печатной платы?

- а) Для расчёта стоимости
- б) Для проверки совместимости с корпусом и механическими компонентами
- в) Для подбора компонентов
- г) Для составления спецификации

14. Что такое ECAD?

- а) Electronic Computer-Aided Design
- б) Economic CAD
- в) Electrical CAD
- г) Engineering CAD

15. Что такое MCAD?

- а) Micro CAD
- б) Mechanical CAD
- в) Medical CAD
- г) Mathematical CAD

16. Какова основная цель интеграции ECAD и MCAD?

- а) Увеличение стоимости проекта
- б) Обеспечение совместной работы электронщиков и механиков для предотвращения коллизий
- в) Замена одного специалиста другим
- г) Снижение требований к квалификации

17. Какая информация содержится в спецификации материалов (BOM)?

- а) Стоимость разработки
- б) Перечень всех компонентов с наименованиями и количествами
- в) Трассировка соединений
- г) Результаты тестирования

18. Какой этап следует после завершения проектирования печатной платы?

- а) Эксплуатация
- б) САМ-подготовка и изготовление
- в) Утилизация
- г) Маркетинговое исследование

19. Что из перечисленного не входит в состав выходных данных для производства?

- а) Gerber-файлы

- б) Drill-файлы
- в) Pick-and-Place файлы
- г) Исходный код прошивки

20. Какая система САПР является отраслевым стандартом в России для проектирования печатных плат?

- а) P-CAD
- б) Altium Designer
- в) КОМПАС-3D (только для механики)
- г) KiCad

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине:

1. Определение и назначение САПР печатных плат. Классификация современных САД-систем. Структура РСВ-проекта.
2. Жизненный цикл электронного устройства и роль САД-систем на каждом этапе.
3. Стандарт IPC-2221: общие требования к проектированию печатных плат. Электрические, механические и термические ограничения.
4. Стандарт IPC-7351B: правила создания посадочных мест для поверхностного монтажа. Расчёт размеров контактных площадок.
5. Создание библиотек компонентов: условные графические обозначения, footprint, 3D-модели. Организация и ведение библиотек.
6. Схемотехническое проектирование: разработка электрических принципиальных схем. Иерархические и многостраничные схемы.
7. Классы цепей и их назначение. Генерация спецификации материалов и её структура.
8. Технологические ограничения DFM: минимальные зазоры, ширины проводников, требования к SMT-монтажу.
9. Типы переходных отверстий: сквозные, слепые, скрытые, микро-отверстия. Области применения.
10. Проектирование стека слоёв для многослойных плат. Материалы FR-4, Rogers, их свойства и выбор.
11. Контроль волнового сопротивления в высокоскоростных цепях. Методы расчёта и настройки.
12. Высокоскоростная трассировка: дифференциальные пары, правила разводки шин DDR, USB, Ethernet.
13. Согласование длин линий и методы его выполнения в САД-системах.
14. Топология трассировки: «звезда», «дерево», «последовательная» и их применение.
15. Анализ целостности сигналов: перекрёстные помехи, отражения, методы снижения.

16. Целостность питания: падение напряжения, размещение развязывающих конденсаторов.
17. Развязывающие конденсаторы: выбор номинала, размещение и разводка для минимизации паразитных параметров.
18. Обеспечение электромагнитной совместимости: заземление, разбиение полигонов, экранирование.
19. Разделение аналоговой и цифровой земли. Методы организации заземляющих слоёв.
20. САМ-подготовка: форматы Gerber X2, ODB++, Drill-файлы. Особенности и назначение каждого формата.
21. Создание выходной документации для производства: Gerber, сверловка, Pick-and-Place файлы, отчёты.
22. Интеграция ECAD/MCAD: экспорт 3D-моделей печатной платы, проверка коллизий с корпусом.
23. Автоматическая проверка правил проектирования и проверка зазоров.
24. Сквозной проект в Altium Designer / KiCad: от создания проекта до выпуска Gerber-файлов.
25. Современные тенденции в проектировании печатных плат: облачные САД-системы, автоматическая трассировка на основе искусственного интеллекта.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов,	отлично	зачтено	86-100

		приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Лопаткин, А. В. Проектирование печатных плат в системе Altium Designer: учебное пособие / А. В. Лопаткин. — 2-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2017. — 554 с. — ISBN 978-5-97060-509-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97334>
2. Приходько, Д. В. Учебно-методическое пособие по работе с библиотеками в Altium Designer: учебное пособие / Д. В. Приходько, А. А. Айрапетян. — Москва: МИЭТ, 2022. — 180 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/309332>

Дополнительная литература:

1. Григорьев, В. А. Автоматизация проектирования электронной аппаратуры: учебное

пособие / В. А. Григорьев. — Тверь: ТвГТУ, 2017. — 212 с. — ISBN 978-5-7995-0888-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171301>

2. Проектирование печатных плат: учебное пособие / М. С. Лихачева, И. А. Лихачев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 172 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-9206-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/257204>

3. Усатенко, С. Т. Системы автоматизированного проектирования печатных плат: учебное пособие / С. Т. Усатенко, Т. С. Усатенко. — Старый Оскол: ТНТ, 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-94178-614-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218789>

4. Яцук, А. Н. Система автоматизированного проектирования Altium Designer. Практикум: учебное пособие / А. Н. Яцук, Ю. С. Сычёва. — Минск: РИПО, 2018. — 142 с. — ISBN 978-985-503-781-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

—систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

—серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

—установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

—Специализированное:

- Altium Designer;
- KiCad;
- Altium 365;
- SolidWorks;
- Autodesk Fusion;
- Git/GitHub;
- CAM Viewer.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения практических занятий – при необходимости используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Микропроцессорные технологии и интегральные схемы».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области архитектуры, схемотехники и низкоуровневого программирования современных микроконтроллерных систем, а также методов их интеграции с датчиками и исполнительными устройствами для решения задач прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: основные принципы работы, конструктивные особенности и параметры микропроцессорных систем и интегральных схем; требования к оформлению и содержанию конструкторской документации на электронные узлы; методы и средства измерения параметров электронных компонентов, а также способы испытаний для подтверждения заявленных свойств. Уметь: читать и анализировать конструкторскую документацию, в том числе 3D-модели, с учётом требований технологичности; применять оборудование для контроля и измерения параметров микропроцессорных устройств; проводить испытания для проверки соответствия свойств материалов и компонентов техническим условиям. Владеть: навыками работы с конструкторской документацией и 3D-моделями при разработке технологической документации; методами контроля параметров и

		проведения испытаний микропроцессорных систем; приёмами документирования результатов измерений и испытаний для подтверждения качества изделий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Микропроцессорные технологии и интегральные схемы» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику	Жизненный цикл разработки встроенных систем. Обзор рынка современных микроконтроллеров (MCU). Понятие архитектурного мышления инженера. Архитектура открытых команд RISC-V и экосистема ARM.
2.	Основы цифровой схемотехники	Базовые логические элементы, триггеры, регистры. Проектирование и анализ конечных автоматов (FSM) на регистрах. Временные диаграммы, задержки вентилей и целостность сигналов (timing & signal integrity).
3.	Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V	Архитектура ядер ARM Cortex-M и RISC-V. Конвейер команд, организация внутренней памяти, системные шины (AHB, APB). Карта памяти (Memory Map) микроконтроллера.
4.	Регистровая модель, память, стек и система	Регистры общего назначения и специальные регистры. Организация оперативной памяти, работа со стеком.

	команд	Исключения и управление контекстом. Система команд процессора.
5.	Bare-metal программирование и CMSIS	Принципы разработки без операционных систем (Bare-metal firmware). Стандарт CMSIS. Прямой доступ к регистрам конфигурации периферии через указатели и структуры в языке C.
6.	Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование	Конфигурация портов ввода-вывода (GPIO). Системные тактовые генераторы (RCC/Clock tree). Архитектура аппаратных таймеров, генерация ШИМ (PWM), сторожевой таймер (Watchdog).
7.	Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA	Архитектура АЦП (ADC) последовательного приближения. Контроллер прямого доступа к памяти (DMA). Поточковая обработка данных от сенсоров в фоновом режиме без участия ядра.
8.	Прерывания и обработка событий реального времени	Вложенный векторный контроллер прерываний (NVIC). Обработка прерываний (ISR), приоритеты, латентность прерываний. Проектирование архитектуры программ, управляемой событиями (Interrupt-driven architecture).
9.	Индустриальные интерфейсы передачи данных	Физический и логический уровни синхронных и асинхронных интерфейсов: UART, SPI, I2C. Обзор отказоустойчивых и высокоскоростных интерфейсов: CAN-bus, USB.
10.	Интеграция датчиков и исполнительных устройств	Чтение технической документации (Datasheet и Reference Manual). Разработка низкоуровневых драйверов для цифровых сенсоров (акселерометры, гироскопы, термодатчики) и исполнительных механизмов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику

Вопросы для обсуждения: Жизненный цикл разработки встроенных систем. Обзор рынка микроконтроллеров. Понятие архитектурного мышления. Архитектура RISC-V и экосистема ARM.

Тема 2: Основы цифровой схемотехники

Вопросы для обсуждения: Базовые логические элементы, триггеры, регистры. Проектирование конечных автоматов на регистрах. Временные диаграммы. Задержки вентилей и целостность сигналов.

Тема 3: Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V

Вопросы для обсуждения: Архитектура ядер ARM Cortex-M и RISC-V. Конвейер команд. Организация внутренней памяти. Системные шины AHB, APB. Карта памяти микроконтроллера.

Тема 4: Регистровая модель, память, стек и система команд

Вопросы для обсуждения: Регистры общего назначения и специальные регистры. Организация оперативной памяти. Работа со стеком. Исключения и управление контекстом. Система команд процессора.

Тема 5: Bare-metal программирование и CMSIS

Вопросы для обсуждения: Принципы разработки без операционных систем. Стандарт CMSIS. Прямой доступ к регистрам конфигурации периферии через указатели и структуры в языке C.

Тема 6: Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование

Вопросы для обсуждения: Конфигурация портов ввода-вывода. Системные тактовые генераторы и тактовое дерево. Архитектура аппаратных таймеров. Генерация ШИМ. Сторожевой таймер.

Тема 7: Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA

Вопросы для обсуждения: Архитектура АЦП последовательного приближения. Контроллер прямого доступа к памяти. Поточковая обработка данных от сенсоров без участия ядра.

Тема 8: Прерывания и обработка событий реального времени

Вопросы для обсуждения: Вложенный векторный контроллер прерываний. Обработка прерываний, приоритеты, латентность. Проектирование архитектуры программ, управляемой событиями.

Тема 9: Индустриальные интерфейсы передачи данных

Вопросы для обсуждения: Физический и логический уровни синхронных и асинхронных интерфейсов UART, SPI, I2C. Отказоустойчивые и высокоскоростные интерфейсы CAN-bus, USB.

Тема 10: Интеграция датчиков и исполнительных устройств

Вопросы для обсуждения: Чтение технической документации (Datasheet и Reference Manual). Разработка низкоуровневых драйверов для цифровых сенсоров и исполнительных механизмов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику

Вопросы для обсуждения: Выбор микроконтроллера для конкретной задачи. Анализ рынка и технических требований. Постановка задачи на проектирование встраиваемой системы.

Тема 2: Основы цифровой схемотехники

Вопросы для обсуждения: Построение и анализ временных диаграмм для триггеров и регистров. Расчёт задержек. Синтез конечного автомата.

Тема 3: Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V

Вопросы для обсуждения: Изучение карты памяти конкретного микроконтроллера. Настройка системных шин. Анализ энергопотребления.

Тема 4: Регистровая модель, память, стек и система команд

Вопросы для обсуждения: Программирование на ассемблере простых операций с регистрами и стеком. Написание обработчика исключений.

Тема 5: Bare-metal программирование и CMSIS

Вопросы для обсуждения: Настройка тактирования и конфигурация портов через CMSIS. Написание простой программы без операционной системы.

Тема 6: Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование

Вопросы для обсуждения: Мигание светодиодом с использованием таймера. Настройка ШИМ для управления сервоприводом. Конфигурация сторожевого таймера.

Тема 7: Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA

Вопросы для обсуждения: Настройка АЦП для чтения аналогового датчика. Организация DMA для передачи данных в память без участия процессора.

Тема 8: Прерывания и обработка событий реального времени

Вопросы для обсуждения: Настройка внешних прерываний по кнопке. Определение приоритетов и обработка вложенных прерываний. Измерение латентности.

Тема 9: Индустриальные интерфейсы передачи данных

Вопросы для обсуждения: Обмен данными по UART с компьютером. Подключение датчика по SPI. Работа с шиной I2C.

Тема 10: Интеграция датчиков и исполнительных устройств

Вопросы для обсуждения: Написание драйвера для цифрового акселерометра. Чтение даташита и конфигурация регистров. Интеграция датчика в общую систему сбора данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в embedded-системы и микроэлектронику. Основы цифровой схемотехники. Архитектура ARM Cortex-M и RISC-V. Регистровая модель, память, стек и система команд. Bare-metal программирование и CMSIS. Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование. Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA. Прерывания и обработка событий реального времени. Индустриальные интерфейсы передачи данных. Интеграция датчиков и исполнительных устройств.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Выбор микроконтроллера для задачи. Построение временных диаграмм триггеров. Программирование на ассемблере операций с регистрами. Настройка портов и тактирования через CMSIS. Реализация мигания светодиодом с таймером. Настройка ШИМ и сторожевого таймера. Конфигурация АЦП и DMA. Обработка внешних прерываний и измерение латентности. Обмен данными по UART, SPI, I2C. Написание драйвера для цифрового датчика.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Жизненный цикл встроенных систем. Логические элементы, триггеры, конечные автоматы. Архитектура ядер и карта памяти. Регистры, стек, система команд. Стандарт CMSIS и bare-metal программирование. Конфигурация GPIO, таймеров, тактовых генераторов. Принципы работы АЦП и DMA. Приоритеты и обработка прерываний. Протоколы UART, SPI, I2C, CAN. Разработка драйверов по технической документации.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных

работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику	ПК-2	Тестирование
Основы цифровой схемотехники	ПК-2	Тестирование
Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V	ПК-2	Тестирование
Регистровая модель, память, стек и система команд	ПК-2	Тестирование
Bare-metal программирование и CMSIS	ПК-2	Тестирование
Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование	ПК-2	Тестирование
Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA	ПК-2	Тестирование
Прерывания и обработка событий реального времени	ПК-2	Тестирование
Индустриальные интерфейсы передачи данных	ПК-2	Тестирование
Интеграция датчиков и исполнительных устройств	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику»

1. Что такое embedded-система?

- Персональный компьютер общего назначения
- Специализированная вычислительная система, встроенная в устройство для выполнения конкретных задач

- в) Суперкомпьютер для научных расчётов
- г) Серверная операционная система

2. Какая из перечисленных архитектур является открытой и бесплатной для использования?

- а) ARM Cortex-M
- б) x86
- в) RISC-V
- г) MIPS

3. Что из перечисленного не относится к основным компонентам типового микроконтроллера?

- а) Центральный процессор
- б) Память
- в) Периферийные модули
- г) Графический процессор

4. Какой этап следует после разработки концепции в жизненном цикле встроенной системы?

- а) Массовое производство
- б) Проектирование аппаратного и программного обеспечения
- в) Утилизация
- г) Маркетинговое исследование

5. Что означает термин «архитектурное мышление инженера»?

- а) Умение создавать красивые чертежи
- б) Способность выбирать подходящую архитектуру процессора, распределять ресурсы и оптимизировать систему под требования
- в) Знание всех команд процессора наизусть
- г) Умение паять микросхемы

6. Какая компания разрабатывает и лицензирует архитектуру ARM Cortex-M?

- а) Intel
- б) AMD
- в) ARM Holdings
- г) RISC-V International

7. Для каких приложений обычно используются микроконтроллеры ARM Cortex-M?

- а) Для высокопроизводительных серверов
- б) Для встраиваемых систем с низким энергопотреблением
- в) Для игровых консолей
- г) Для графических станций

8. Чем RISC-архитектура отличается от CISC?

- а) RISC имеет сложные, многоцикловые инструкции
- б) RISC имеет простые, одноцикловые инструкции и большое количество регистров
- в) CISC потребляет меньше энергии
- г) CISC не имеет регистров

9. Что такое экосистема ARM?

- а) Только набор процессоров
- б) Совокупность процессорных ядер, инструментов разработки, операционных систем, библиотек и партнёров
- в) Операционная система для встраиваемых устройств
- г) Язык программирования

10. Какой микроконтроллер является популярным представителем ARM Cortex-M?

- а) STM32
- б) Intel Core i7
- в) AMD Ryzen
- г) Raspberry Pi 4

11. Что такое жизненный цикл разработки встроенных систем?

- а) Последовательность этапов от идеи до утилизации с акцентом на верификацию и валидацию
- б) Только написание кода
- в) Только тестирование
- г) Только производство печатных плат

12. Для каких целей чаще всего применяются открытые архитектуры RISC-V?

- а) Для полного контроля над разработкой и избежания лицензионных отчислений
- б) Для увеличения тактовой частоты
- в) Для уменьшения количества транзисторов
- г) Для поддержки устаревшего программного обеспечения

13. Что включает в себя понятие «микроэлектроника»?

- а) Только проектирование микропроцессоров
- б) Область электроники, занимающаяся разработкой и производством интегральных микросхем и компонентов субмиллиметровых размеров
- в) Только производство печатных плат
- г) Только написание прошивок

14. Какой язык программирования наиболее распространён для низкоуровневого программирования микроконтроллеров?

- а) Python
- б) Java
- в) C
- г) JavaScript

15. Что является примером встроенной системы?

- а) Ноутбук
- б) Система управления тормозами автомобиля
- в) Игровая приставка
- г) Настольный компьютер

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерные вопросы к зачету:

1. Определение встроенной системы. Примеры применения в наукоёмких производствах. Жизненный цикл разработки встраиваемых систем.
2. Архитектура открытых команд RISC-V и экосистема ARM: сравнительная характеристика, области применения.
3. Понятие архитектурного мышления инженера. Основные критерии выбора микроконтроллера для конкретной задачи.
4. Базовые логические элементы, триггеры и регистры: назначение, временные диаграммы, применение в цифровых устройствах.
5. Проектирование и анализ конечных автоматов на регистрах. Способы описания и минимизации.
6. Задержки вентиля и целостность сигналов в цифровых схемах. Влияние на быстродействие и надёжность.
7. Архитектура ядер ARM Cortex-M: конвейер команд, организация внутренней памяти, системные шины АHB/APB.

8. Карта памяти микроконтроллера: структура, распределение областей (flash, SRAM, периферия).
9. Регистровая модель процессора: регистры общего назначения, специальные регистры, указатель стека. Назначение и использование.
10. Организация стека и управление контекстом в микроконтроллерах. Аппаратная поддержка вложенных вызовов.
11. Система команд процессора: типовые инструкции, способы адресации, примеры фрагментов кода на ассемблере.
12. Bare-metal программирование: принципы разработки без операционной системы, прямое управление регистрами через указатели.
13. Стандарт CMSIS: структура, назначение, использование для упрощения доступа к периферии ARM-микроконтроллеров.
14. Конфигурация портов ввода-вывода: режимы работы, подтяжка, защита. Организация системного тактирования и тактовое дерево.
15. Аппаратные таймеры: режимы счёта, генерация ШИМ, сторожевой таймер. Применение для измерения времени и управления нагрузкой.
16. Архитектура АЦП последовательного приближения. Контроллер прямого доступа к памяти: принципы работы, настройка, преимущества.
17. Вложенный векторный контроллер прерываний: приоритеты, векторы, обработчики прерываний, латентность, проектирование прерываний в реальном времени.
18. Синхронные и асинхронные интерфейсы: UART, SPI, I2C. Физический и логический уровни, режимы работы, типовые конфигурации.
19. Отказоустойчивые и высокоскоростные интерфейсы: CAN-bus, USB. Особенности протоколов и применение во встраиваемых системах.
20. Разработка низкоуровневых драйверов для датчиков и исполнительных устройств. Анализ технической документации (Datasheet, Reference Manual). Интеграция сенсоров в систему сбора данных.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повыш	Творческая	Включает	отлично	зачтен	86-100

енный	деятельность	нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий		о	
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Смирнов, Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 496 с. – ISBN 978-5-8114-1379-9. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/12948>
2. Коледов, Л. А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: учебное пособие / Л. А. Коледов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 400 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/>

Дополнительная литература:

1. Микушин, А. В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Сединин. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/>
2. Водовозов, А. М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А. М. Водовозов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 168 с. – ISBN 978-5-9729-1071-7. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:

1. STM32CubeIDE — интегрированная среда разработки встроенного ПО для ядер ARM Cortex-M, включающая GCC компилятор, отладчик и статический анализатор кода.
2. Visual Studio Code + PlatformIO — кроссплатформенная среда разработки и сборки проектов для микроконтроллеров на архитектуре RISC-V (ESP32-C series, Bouffalo Lab) и ARM.
3. OpenOCD (Open On-Chip Debugger) — программное обеспечение для внутрисхемной отладки, программирования и тестирования систем через интерфейсы JTAG/SWD.

4. PulseView / Saleae Logic — программное обеспечение для работы с аппаратными логическими анализаторами, декодирования протоколов UART, SPI, I2C, CAN.
5. KiCad EDA — кроссплатформенная сквозная система автоматизированного проектирования электронных схем и печатных плат (PCB CAD).

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Языки проектирования процессоров и FPGA».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области языков аппаратного описания и методов проектирования цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем (FPGA) и процессорных ядер, необходимых для создания высокопроизводительных и надёжных вычислительных модулей наукоёмкого оборудования.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: методологию проектирования цифровых систем с использованием языков описания аппаратуры, архитектуру программируемых логических интегральных схем и процессорных ядер, а также принципы верификации и временного анализа для обеспечения соответствия техническому заданию. Уметь: разрабатывать и отлаживать HDL-модели цифровых устройств, создавать на их основе конструкторскую документацию, работать с 3D-моделями для размещения микросхем и проводить стационарные и нестационарные расчёты с использованием САЕ-систем. Владеть: навыками сквозного проектирования цифровых систем на FPGA (от RTL-описания до генерации прошивки), интеграции HDL-моделей с 3D-моделями электронных узлов и выполнения расчётов для подтверждения характеристик разрабатываемых устройств с учётом требований технологичности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Языки проектирования процессоров и FPGA» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР	Жизненный цикл RTL-проекта. Установка и настройка Xilinx Vivado / Intel Quartus. Структура проекта, flow синтеза и имплементации. Обзор языков HDL (краткий экскурс в VHDL vs Verilog, обоснование выбора SystemVerilog как основного стека курса).
2.	Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog	Типы данных, модули, порты. Описание комбинационных схем. Инициализация, параметры и генерация кода. Стиль кодирования, пригодный для синтеза. Старт сквозного проекта: описание базовых узлов будущего процессора.
3.	Архитектура FPGA и основы симуляции	Логические элементы (LUT, FF, BRAM, DSP, кластерная сеть). Принципы тактирования, сброса и кросс-доменной синхронизации. Написание тестбенчей. Симуляция в Vivado Simulator / Verilator. Визуализация временных диаграмм (GTKWave).
4.	Проектирование цифровых узлов и интерфейсов	Последовательностные схемы: регистры, счетчики, конечные автоматы (FSM). Шины данных, контроллеры памяти, базовые протоколы (UART/SPI). Декомпозиция проектов. Интеграция модулей в сквозной проект.
5.	Архитектура процессоров	Набор команд RISC-V. Регистровый файл, АЛУ,

	RISC-V микроархитектура	и блок управления. Конвейеризация (5-ступенчатый конвейер). Обработка hazards, стейлов и прерываний. Проектирование ядра в рамках лабораторных работ.
6.	Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра	Поэтапная реализация проекта на протяжении курса: от АЛУ и регистрового файла до полного конвейерного ядра и подключения периферии. Версионирование (Git), код-ревью и документирование каждого этапа.
7.	Функциональная верификация и отладка	Тестирование по требованиям. SystemVerilog Assertions (SVA). Покрытие кода и функциональное покрытие. Отладка на отладочных платах (JTAG, ILA/SignalTap). Логика тестбенчей для процессорного ядра.
8.	Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация	Файлы ограничений (XDC/SDC). Статический временной анализ (STA). Оптимизация по площади, частоте и энергопотреблению. Генерация битстрима и запуск на FPGA (Artix-7 / Cyclone).
9.	Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования	Введение в HLS (C/C++ -> RTL). Обзор экосистемы open-source и современных языков: Chisel, SpinalHDL. Сравнение подходов RTL и HLS. Границы применимости и автоматизация проектирования.
10.	Итоговая аттестация и индустриальные стандарты	Защита сквозного проекта. Требования к RTL-коду в коммерческих проектах. CI/CD для цифрового дизайна. Перспективы трудоустройства и развития в области FPGA/ASIC.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР

Вопросы для обсуждения: Жизненный цикл RTL-проекта. Установка и настройка САПР. Структура проекта, потоки синтеза и имплементации. Сравнение языков.

Тема 2: Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog

Вопросы для обсуждения: Типы данных, модули, порты. Описание комбинационных схем. Параметры, генерация кода. Стил кодирования для синтеза. Примеры базовых узлов.

Тема 3: Архитектура FPGA и основы симуляции

Вопросы для обсуждения: Логические элементы, блоки памяти, DSP, тактовая сеть. Принципы тактирования, сброса, кросс-доменной синхронизации. Симуляция. Визуализация временных диаграмм.

Тема 4: Проектирование цифровых узлов и интерфейсов

Вопросы для обсуждения: Регистры, счётчики, конечные автоматы. Шины данных, контроллеры памяти. Протоколы передачи данных. Декомпозиция проектов, интеграция модулей.

Тема 5: Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура

Вопросы для обсуждения: Набор команд. Регистровый файл, АЛУ, блок управления. Пятиступенчатый конвейер. Обработка hazards, стейлов, прерываний. Проектирование ядра.

Тема 6: Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра

Вопросы для обсуждения: Поэтапная реализация проекта.

Тема 7: Функциональная верификация и отладка

Вопросы для обсуждения: Тестирование по требованиям. Утверждения. Покрывание кода и функциональное покрытие. Отладка на плате. Тестбенчи для процессорного ядра.

Тема 8: Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация

Вопросы для обсуждения: Файлы ограничений. Статический временной анализ. Оптимизация по площади, частоте, энергопотреблению.

Тема 9: Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования

Вопросы для обсуждения: Введение в высокоуровневый синтез. Экосистема open-source языков. Сравнение подходов RTL и HLS. Автоматизация проектирования.

Тема 10: Итоговая аттестация и промышленные стандарты

Вопросы для обсуждения: Защита сквозного проекта. Требования к RTL-коду в коммерческих проектах. CI/CD для цифрового дизайна. Перспективы развития.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР

Вопросы для обсуждения: Создание проекта в САПР. Импорт файлов. Первый синтез. Анализ отчётов.

Тема 2: Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog

Вопросы для обсуждения: Написание модуля дешифратора, мультиплексора. Компиляция и проверка синтаксиса.

Тема 3: Архитектура FPGA и основы симуляции

Вопросы для обсуждения: Запуск симуляции, анализ временной диаграммы.

Тема 4: Проектирование цифровых узлов и интерфейсов

Вопросы для обсуждения: Реализация конечного автомата управления светодиодом. Подключение через интерфейс.

Тема 5: Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура

Вопросы для обсуждения: Разработка АЛУ. Написание регистрового файла на SystemVerilog.

Тема 6: Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра

Вопросы для обсуждения: Сборка конвейерного ядра. Тестирование на наборе инструкций. Отладка в симуляторе.

Тема 7: Функциональная верификация и отладка

Вопросы для обсуждения: Использование встроенного логического анализатора для захвата сигналов на плате.

Тема 8: Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация

Вопросы для обсуждения: Создание файла ограничений. Запуск статического временного анализа. Анализ критического пути. Оптимизация кода.

Тема 9: Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования

Вопросы для обсуждения: Пример HLS-проекта. Сравнение ручного RTL и HLS по ресурсам.

Тема 10: Итоговая аттестация и промышленные стандарты

Вопросы для обсуждения: Презентация сквозного проекта. Оценка по критериям (документация, покрытие тестами, тайминги).

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР. Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog. Архитектура FPGA и основы симуляции. Проектирование цифровых узлов и интерфейсов. Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура. Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра. Функциональная верификация и отладка. Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация. Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования. Итоговая аттестация и индустриальные стандарты.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Создание проекта в САПР. Написание модулей дешифратора, мультиплексора. Разработка тестбенчей для счётчика. Реализация конечного автомата управления светодиодом. Проектирование АЛУ и регистрового файла для RISC-V. Сборка конвейерного ядра и тестирование. Создание файлов ограничений и статический временной анализ. Пример высокоуровневого синтеза, сравнение подходов. Презентация сквозного проекта, документация, покрытие тестами.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Жизненный цикл RTL-проекта. Типы данных, модули, порты в SystemVerilog. Архитектура FPGA. Регистры, счётчики, конечные автоматы. Набор команд RISC-V, конвейер, обработка hazards. Тестбенчи, утверждения, покрытие. Статический временной анализ, оптимизация. Высокоуровневый синтез, open-source языки. Индустриальные стандарты, CI/CD. Критерии оценки RTL-кода.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР	ПК-1	Тестирование
Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog	ПК-1	Тестирование
Архитектура FPGA и основы симуляции	ПК-1	Тестирование
Проектирование цифровых узлов и интерфейсов	ПК-1	Тестирование
Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура	ПК-1	Тестирование
Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра	ПК-1	Тестирование
Функциональная верификация и отладка	ПК-1	Тестирование
Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация	ПК-1	Тестирование
Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования	ПК-1	Тестирование
Итоговая аттестация и индустриальные стандарты	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР»

1. Что означает аббревиатура RTL в контексте проектирования цифровых систем?

- а) Real-Time Logic
- б) Register Transfer Level
- в) Run-Time Library
- г) Random Test Logic

2. Какой из перечисленных этапов является первым в типовом потоке синтеза и имплементации FPGA-проекта?

- а) Place & Route
- б) Синтез

- в) Генерация битстрима
- г) Статический временной анализ

3. Какая компания разрабатывает САПР Vivado?

- а) Intel
- б) AMD (Xilinx)
- в) Lattice Semiconductor
- г) Microchip

4. Какое программное обеспечение является основным САПР для FPGA Intel (Altera)?

- а) Vivado
- б) ISE
- в) Quartus Prime
- г) Libero SoC

5. Что такое битстрим (bitstream) в контексте проектирования FPGA?

- а) Исходный код на Verilog
- б) Файл конфигурации, загружаемый в FPGA для задания логики
- в) Отчёт о синтезе
- г) Временная диаграмма работы схемы

6. Какой из языков описания аппаратуры является наиболее современным и рекомендуется в курсе в качестве основного?

- а) VHDL
- б) Verilog
- в) SystemVerilog
- г) C++

7. Что включает в себя структура RTL-проекта в САПР?

- а) Только исходные файлы на HDL
- б) Исходные файлы, файлы ограничений, тестбенчи, скрипты сборки
- в) Только отчёты о синтезе
- г) Только временные диаграммы

8. Какой этап выполняется после синтеза перед размещением и трассировкой?

- а) Генерация битстрима
- б) Статический временной анализ
- в) Технологическое отображение и упаковка (packing)
- г) Написание тестбенча

9. Какой инструмент используется для просмотра временных диаграмм результатов симуляции?

- а) Vivado Simulator
- б) GTKWave
- в) Quartus Programmer
- г) ModelSim (только для VHDL)

10. Что такое «жизненный цикл RTL-проекта»?

- а) Время существования аппаратного обеспечения
- б) Последовательность этапов от разработки HDL-кода до генерации прошивки и верификации
- в) Срок службы микросхемы FPGA
- г) Время выполнения тестов

11. Какая команда в Vivado запускает синтез проекта из командной строки?

- а) synth_design
- б) place_design
- в) route_design
- г) write_bitstream

12. Что из перечисленного не является стандартным форматом файла ограничений для FPGA?

- а) XDC (Xilinx Design Constraints)
- б) SDC (Synopsys Design Constraints)
- в) SDF (Standard Delay Format)
- г) CSV (Comma-Separated Values)

13. Какая из перечисленных операций не является частью процесса имплементации в FPGA?

- а) Синтез
- б) Place & Route
- в) Генерация битстрима
- г) Редактирование HDL-кода

14. Что такое тестбенч?

- а) Файл ограничений для временного анализа
- б) HDL-модуль, предназначенный для стимуляции и проверки другого модуля
- в) Прошивка для FPGA
- г) Отчёт о покрытии кода

15. Какой язык обычно используется для написания тестбенчей в современных проектах, если основной язык проектирования — SystemVerilog?

- а) Только VHDL
- б) Только Verilog
- в) SystemVerilog (благодаря расширенным возможностям верификации)
- г) C++ без HDL

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Жизненный цикл RTL-проекта: основные этапы от разработки до прошивки FPGA.
2. Назначение и основные этапы синтеза и имплементации цифрового проекта в САПР (Xilinx Vivado / Intel Quartus).
3. Сравнительная характеристика языков описания аппаратуры: VHDL, Verilog, SystemVerilog. Преимущества SystemVerilog.
4. Типы данных, модули и порты в SystemVerilog. Стил кодирования, пригодный для синтеза.
5. Описание комбинационных и последовательностных схем на SystemVerilog. Примеры кода.
6. Архитектура FPGA: логические элементы (LUT, FF), блоки памяти (BRAM), DSP-блоки, тактовая сеть.
7. Принципы тактирования, сброса и кросс-доменной синхронизации в FPGA.
8. Основы симуляции цифровых систем. Написание тестбенчей. Инструменты симуляции (Vivado Simulator, Verilator).
9. Визуализация временных диаграмм (GTKWave). Типовые ошибки при симуляции.
10. Проектирование регистров, счетчиков и конечных автоматов на SystemVerilog.
11. Организация шин данных, контроллеров памяти. Базовые протоколы обмена (UART, SPI).
12. Декомпозиция проектов и интеграция модулей. Подходы к повторному использованию кода.
13. Архитектура набора команд RISC-V. Основные группы инструкций и регистровый файл.
14. Микроархитектура процессора: АЛУ, блок управления, тракты данных.

15. Пятиступенчатый конвейер в RISC-V: стадии IF, ID, EX, MEM, WB.
16. Обработка конвейерных hazards: структурные, data hazards, control hazards. Методы разрешения (forwarding, stalling).
17. Реализация прерываний и исключений в конвейерном процессоре.
18. Сквозной проект RISC-V ядра на SystemVerilog: этапы разработки, версионирование, код-ревью.
19. Функциональная верификация цифровых систем. SystemVerilog Assertions (SVA).
20. Покрытие кода и функциональное покрытие. Отладка на отладочных платах (JTAG, ILA/SignalTap).
21. Файлы ограничений (XDC/SDC). Статический временной анализ (STA) и его роль.
22. Оптимизация FPGA-проекта по площади, тактовой частоте и энергопотреблению.
23. Генерация битстрима и конфигурация FPGA. Типовые ошибки при прошивке.
24. Высокоуровневый синтез (HLS): принципы, инструменты, сравнение с ручным RTL-проектированием.
25. Современные open-source языки проектирования (Chisel, SpinalHDL). CI/CD для цифрового дизайна. Индустриальные стандарты и требования к RTL-коду.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и	хорошо		71-85

	профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющей (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Мурсаев, А. Х. Практикум по проектированию на языках VerilogHDL и SystemVerilog: учебное пособие для вузов / А. Х. Мурсаев, О. И. Буренева. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 120 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/200474>
2. Ушенина, И. В. Проектирование цифровых устройств на ПЛИС: учебное пособие для вузов / И. В. Ушенина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 408 с. — ISBN 978-5-507-52271-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/412755>

Дополнительная литература:

1. Пухальский, Г. И. Проектирование цифровых устройств: учебное пособие для вузов / Г. И. Пухальский, Т. Я. Новосельцева. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 896 с. — ISBN 978-5-8114-1265-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212219>
2. Основы цифровой схемотехники: учебное пособие. — Тамбов: ТГТУ, 2021. — 84 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/320393>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:
 - САПР для синтеза и имплементации: Xilinx Vivado Design Suite (или Intel Quartus Prime);
 - Симуляторы: ModelSim/QuestaSim, Verilator, Vivado Simulator;
 - Анализ сигналов: GTKWave, ILA/SignalTap Logic Analyzer;
 - Инструменты для RISC-V: GNU Compiler Toolchain (riscv-none-embed), Spike/QEMU (программная верификация);
 - Аппаратная база: отладочные платы на базе Xilinx Artix-7 или Intel Cyclone V/10;
 - Контроль версий и CI: Git, GitLab/GitHub, базовые скрипты автоматизации симуляции.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п. 11.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п. 11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области управления качеством и надёжностью электронных устройств, методологии их испытаний, контроля и статистического анализа для обеспечения соответствия наукоёмкой продукции требованиям стандартов и технической документации.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: нормативно-техническую базу и методологию разработки программ испытаний электронных устройств, а также физические принципы и механизмы деградации компонентов, влияющие на надёжность. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, применять специальное оборудование для климатических, механических, электромагнитных и других видов испытаний, а также обрабатывать результаты статистическими методами. Владеть: навыками составления программ испытаний, разработки документации на испытательную оснастку, использования методов неразрушающего и разрушающего контроля, а также оформления заключений о соответствии качества и надёжности электронных устройств установленным требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике	Понятие качества и надежности электронных устройств (ЭУ), эволюция тотального управления качеством (TQM), а также сравнительный анализ стандартов ISO 9001, IATF 16949, AS9100, стандартов IPC и MIL-STD. Рассматриваются инструменты перспективного планирования качества автомобильной компонентной базы (APQP, PPAP) и категории квалификационных испытаний.
2.	Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)	Проектирование с учетом надежности (DFR), математические модели прогнозирования интенсивности отказов (MIL-HDBK-217F, FIDES) и методология проведения анализа видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA). Изучаются экономика качества, методы сбора данных об отказах FRACAS и подходы к решению проблем по стандарту 8D.
3.	Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы	Классификация внешних воздействующих факторов и механизмы деградации полупроводниковой электронной компонентной базы (ЭКБ) и паяных соединений. Особое внимание уделяется специфике надежности бессвинцовой пайки (Pb-free), росту нитевидных кристаллов олова (tin whiskers) и методам входного контроля альтернативной российской и китайской ЭКБ.
4.	Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ	Методология и технические средства проведения испытаний на воздействие температурных циклов, термоудара, влажности, соляного тумана, солнечной радиации и плесневых грибов. Рассматриваются принципы работы камер тепла-холода-влаги, а также специфика оценки радиационной стойкости ЭКБ к

		одиночным эффектам (SEE) и поглощенной дозе (TID).
5.	Механические испытания и динамический анализ конструкций	Теория и практика испытаний ЭУ на воздействие одиночных и многократных механических ударов, линейных ускорений, синусоидальной и широкополосной случайной вибрации (ШСВ). Даются методы определения резонансных частот конструкций с применением современных вибростендов и лазерных доплеровских виброметров.
6.	Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность	Методы измерения уровня излучаемых и кондуктивных помех, а также испытания на устойчивость к электростатическим разрядам (ESD) и импульсным помехам в безэховых и TEM-камерах. Дополнительно изучаются основы тестирования кибербезопасности встроенных систем методами инъекции неисправностей (fault injection) и анализа по сторонним каналам.
7.	Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания	Методология проведения высокоинтенсивных стресс-испытаний (HALT) и стресс-скрининга (HASS) для ускоренного выявления скрытых дефектов структуры. Изучаются математические модели температурно-временной зависимости отказов (модели Аррениуса, Коффина-Мэнсона, Эйринга) для прогнозирования ресурса ЭУ.
8.	Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве	Принципы построения и алгоритмы работы систем автоматической оптической инспекции (AOI) и автоматического рентгеновского контроля (AXI) многослойных печатных узлов и BGA/LGA-компонентов. Рассматриваются методы 3D-томографии и акустической микроскопии (SAM) для обнаружения внутренних дефектов и деламации.
9.	Разрушающий физический анализ и локализация дефектов	Технологии металлографического анализа шлифов паяных соединений, применение растровой электронной микроскопии (РЭМ) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS) для оценки интерметаллических слоев. Включает изучение методов химической декапсуляции микросхем, ИК-термографии и эмиссионной микроскопии (EMMI).
10.	Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC	Методы обеспечения тестопригодности (DFT), технологии периферийного сканирования (Boundary Scan, IEEE 1149.1) и встроенного самотестирования (BIT/BIST). Освещаются подходы к анализу измерительных систем (MSA, Gage R&R) и методы статистического управления процессами (SPC) с расчетом индексов воспроизводимости

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике

Вопросы для обсуждения: Понятие качества и надёжности электронных устройств.

Эволюция тотального управления качеством. Сравнительный анализ стандартов ISO 9001, IATF 16949, AS9100, IPC, MIL-STD. Инструменты APQP, PPAP. Категории квалификационных испытаний.

Тема 2: Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)

Вопросы для обсуждения: Проектирование с учётом надёжности. Математические модели прогнозирования отказов (MIL-HDBK-217F, FIDES). Методология FMEA/FMECA. Экономика качества. Система FRACAS. Подход 8D.

Тема 3: Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы

Вопросы для обсуждения: Классификация внешних воздействующих факторов. Механизмы деградации полупроводниковой ЭКБ и паяных соединений. Надёжность бессвинцовой пайки. Проблема роста нитевидных кристаллов олова. Входной контроль альтернативной ЭКБ.

Тема 4: Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ

Вопросы для обсуждения: Методология испытаний на температурные циклы, термоудар, влажность, соляной туман, солнечную радиацию, плесневые грибы. Принципы работы климатических камер. Оценка радиационной стойкости к одиночным эффектам и поглощённой дозе.

Тема 5: Механические испытания и динамический анализ конструкций

Вопросы для обсуждения: Испытания на одиночные и многократные удары, линейные ускорения, синусоидальную и широкополосную случайную вибрацию. Методы определения резонансных частот.

Тема 6: Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность.

Вопросы для обсуждения: Измерение излучаемых и кондуктивных помех. Испытания на устойчивость к электростатическим разрядам и импульсным помехам.

Тема 7: Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания

Вопросы для обсуждения: Методология HALT и HASS. Математические модели температурно-временной зависимости отказов. Прогнозирование ресурса электронных устройств.

Тема 8: Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве

Вопросы для обсуждения: Принципы работы систем автоматической оптической инспекции и автоматического рентгеновского контроля.

Тема 9: Разрушающий физический анализ и локализация дефектов

Вопросы для обсуждения: Металлографический анализ шлифов. Растровая электронная микроскопия и энергодисперсионная спектроскопия.

Тема 10: Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC

Вопросы для обсуждения: Обеспечение тестопригодности. Периферийное сканирование. Встроенное самотестирование. Анализ измерительных систем.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике

Вопросы для обсуждения: Разработка плана квалификационных испытаний для конкретного электронного узла.

Тема 2: Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)

Вопросы для обсуждения: Расчёт интенсивности отказов по MIL-HDBK-217F. Проведение FMEA-анализа функционального блока.

Тема 3: Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы

Вопросы для обсуждения: Идентификация механизмов деградации по фотографиям разрушенных компонентов.

Тема 4: Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ

Вопросы для обсуждения: Составление программы температурных циклов по заданным пределам. Выбор режимов испытаний на влажность. Оценка радиационной стойкости по справочным данным.

Тема 5: Механические испытания и динамический анализ конструкций

Вопросы для обсуждения: Настройка режимов вибростенда для испытания на случайную вибрацию. Определение резонансных частот по амплитудно-частотной характеристике.

Тема 6: Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность.

Вопросы для обсуждения: Проведение теста на устойчивость к ESD. Анализ спектра излучаемых помех.

Тема 7: Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания

Вопросы для обсуждения: Оценка ресурса изделия по результатам ускоренных испытаний.

Тема 8: Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве

Вопросы для обсуждения: Применение акустической микроскопии для выявления расслоений.

Тема 9: Разрушающий физический анализ и локализация дефектов

Вопросы для обсуждения: Подготовка металлографического шлифа. Идентификация интерметаллических слоёв на РЭМ-изображении.

Тема 10: Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC

Вопросы для обсуждения: Настройка Boundary Scan тестов для цифровой платы.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Квалиметрия, стандартизация и концепции Управление надёжностью на этапах жизненного цикла. Физика отказов, механизмы деградации. Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ. Механические испытания и динамический анализ конструкций. Испытания на электромагнитную совместимость и кибербезопасность. Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания. Методы неразрушающего контроля. Разрушающий физический анализ и локализация дефектов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Разработка плана квалификационных испытаний. Идентификация механизмов деградации. Составление программ климатических и механических испытаний. Обработка результатов ударных и вибрационных испытаний.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Методы прогнозирования надёжности. Физика отказов ЭКБ. Методики климатических, радиационных и механических испытаний. Принципы электромагнитной совместимости.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике	ПК-3	Тестирование
Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)	ПК-3	Тестирование
Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы	ПК-3	Тестирование
Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ	ПК-3	Тестирование
Механические испытания и динамический анализ конструкций	ПК-3	Тестирование
Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность	ПК-3	Тестирование
Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания	ПК-3	Тестирование
Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве	ПК-3	Тестирование
Разрушающий физический анализ и локализация дефектов	ПК-3	Тестирование
Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике»

1. Что означает аббревиатура TQM?

- а) Total Quality Management
- б) Technical Quality Measurement
- в) Test Quality Method
- г) Time Quality Module

2. Какой стандарт является базовым для систем менеджмента качества?

- а) ISO 9001
- б) IATF 16949
- в) AS9100
- г) IPC-A-610

3. Какой стандарт распространяется на авиационно-космическую промышленность?

- а) ISO 9001
- б) IATF 16949
- в) AS9100
- г) MIL-STD-883

4. Что такое APQP?

- а) Advanced Product Quality Planning
- б) Automated Product Quality Process
- в) Application Performance Quality Plan
- г) Acceptance Product Qualification Procedure

5. Для какой отрасли разработан стандарт IATF 16949?

- а) Авиационная
- б) Автомобильная
- в) Медицинская
- г) Космическая

6. Что такое PPAP?

- а) Production Part Approval Process
- б) Product Performance Assessment Plan
- в) Process Parameter Acceptance Protocol
- г) Periodic Product Audit Procedure

7. Какой из стандартов IPC регламентирует требования к электронным сборкам?

- а) IPC-2221
- б) IPC-A-610
- в) IPC-7351
- г) IPC-J-STD-001

8. Какая категория испытаний проводится на этапе разработки для проверки соответствия техническому заданию?

- а) Квалификационные испытания
- б) Приёмочные испытания
- в) Периодические испытания
- г) Сертификационные испытания

9. Что из перечисленного является инструментом планирования качества в рамках APQP?

- а) FMEA
- б) SPC
- в) MSA
- г) Все перечисленные

10. Какой стандарт определяет требования к паяным соединениям в электронике?

- а) IPC-A-610
- б) IPC-J-STD-001

- в) IPC-2221
- г) MIL-STD-883

11. Что означает «квалиметрия»?

- а) Наука об измерениях
- б) Наука о качестве продукции
- в) Наука о стандартизации
- г) Наука об испытаниях

12. Какой стандарт MIL-STD чаще всего применяется для испытаний электронной компонентной базы?

- а) MIL-STD-810
- б) MIL-STD-883
- в) MIL-STD-461
- г) MIL-STD-202

13. Какой документ фиксирует утверждение поставщика о готовности продукта к серийному производству в рамках PPAP?

- а) Отчёт о квалификации
- б) Сертификат соответствия
- в) Заявление о соответствии продукции (PSW)
- г) Протокол испытаний

14. Что является целью TQM?

- а) Удовлетворение требований потребителя и постоянное улучшение процессов
- б) Снижение себестоимости продукции
- в) Увеличение производительности труда
- г) Автоматизация контроля качества

15. Какая организация разрабатывает стандарты IPC?

- а) Международная организация по стандартизации (ISO)
- б) Ассоциация соединительных электронных отраслей (IPC)
- в) Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE)
- г) Американское общество по качеству (ASQ)

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Понятие качества и надёжности электронных устройств. Эволюция тотального управления качеством.
2. Сравнительный анализ стандартов ISO 9001, IATF 16949, AS9100, IPC, MIL-STD.
3. Инструменты перспективного планирования качества APQP и PPAP. Категории квалификационных испытаний.
4. Проектирование с учётом надёжности. Математические модели прогнозирования интенсивности отказов.
5. Методология анализа видов и последствий отказов. Экономика качества. Система сбора данных об отказах. Подход 8D.
6. Классификация внешних воздействующих факторов. Механизмы деградации полупроводниковой электронной компонентной базы и паяных соединений.
7. Специфика надёжности бессвинцовой пайки. Проблема роста нитевидных кристаллов олова.
8. Методы входного контроля альтернативной российской и китайской электронной компонентной базы.
9. Методология климатических испытаний: температурные циклы, термоудар, влажность, соляной туман, солнечная радиация, плесневые грибы.

10. Принципы работы камер тепла-холода-влаги. Оценка радиационной стойкости электронной компонентной базы к одиночным эффектам и поглощённой дозе.
11. Механические испытания электронных устройств: одиночные и многократные удары, линейные ускорения, синусоидальная и широкополосная случайная вибрация.
12. Методы определения резонансных частот конструкций. Вибростенды, лазерные доплеровские виброметры.
13. Испытания на электромагнитную совместимость: измерение излучаемых и кондуктивных помех, устойчивость к электростатическим разрядам и импульсным помехам.
14. Безэховые и ТЕМ-камеры. Основы тестирования кибербезопасности встроенных систем методами инъекции неисправностей и анализа по сторонним каналам.
15. Методология высокоинтенсивных стресс-испытаний и стресс-скрининга для ускоренного выявления скрытых дефектов. Математические модели прогнозирования ресурса.
16. Принципы построения и алгоритмы работы систем автоматической оптической инспекции и автоматического рентгеновского контроля.
17. Методы 3D-томографии и акустической микроскопии для обнаружения внутренних дефектов и деламинации.
18. Технологии металлографического анализа шлифов. Применение растровой электронной микроскопии и энергодисперсионной спектроскопии.
19. Методы химической декапсуляции микросхем, инфракрасная термография, эмиссионная микроскопия.
20. Методы обеспечения тестопригодности. Периферийное сканирование, встроенное самотестирование. Анализ измерительных систем. Статистическое управление процессами, индексы воспроизводимости.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100

Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Захаров, Ю. В. Качество и надежность электронных средств: учебное пособие / Ю. В. Захаров. — Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. — 164 с. — ISBN 978-5-8158-1981-8. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=414999>

Дополнительная литература:

1. Борздов, В. М. Физика отказов полупроводниковых приборов и интегральных схем: пособие для студентов учреждений высшего образования / В. М. Борздов, В. М. Молофеев, А. Н. Сетун; Белорусский государственный университет. — Минск: БГУ, 2015. — 156 с. — ISBN 978-985-566-170-3.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:

NI TestStand: автоматизация и управление последовательностью выполнения функциональных тестов электронных систем;

ANSYS Sherlock: виртуальная квалификация электронной компонентной базы и моделирование термомеханической усталости паяных соединений;

JTAG ProVision: разработка и симуляция тестов периферийного сканирования печатных узлов по стандарту IEEE 1149.1;

Python (библиотека reliability): статистический анализ данных о надежности, расчет параметров распределения Вейбулла и прогнозирование отказов.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и

обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Стандартизация и технические измерения в электронике».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области стандартизации, метрологического обеспечения и технических измерений электронных устройств, необходимых для обеспечения качества, взаимозаменяемости и соответствия продукции требованиям нормативной документации в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: нормативно-правовые основы стандартизации, метрологии и технических измерений в радиоэлектронике, методы оценки погрешностей и неопределённости измерений, а также принципы метрологического сопровождения производства и испытаний электронных устройств. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний, применять специальное измерительное оборудование для контроля параметров электронных устройств и выполнять измерения в рамках ускоренных испытаний. Владеть: навыками составления программ испытаний, разработки документации на испытательную оснастку, статистической обработки результатов измерений, а также методами контроля качества и технического аудита с использованием современных измерительных комплексов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Стандартизация и технические измерения в электронике» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных

отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств	Нормативно-правовая база РФ и международные стандарты (IPC, ISO, IEC) в электронной промышленности. Требования стандартов IPC-6011 и IPC-A-610 к проектированию, производству и критериям качества печатных плат и электронных модулей.
2.	Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике	Выбор измерительного оборудования по точностным характеристикам на основе метрологического запаса. Практические процедуры калибровки, поверки и межлабораторных сличений средств измерений, правила интерпретации результатов поверки в инженерной практике.
3.	Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства	Метрологический контроль при выводе нового продукта на рынок (NPI) и проектировании с учетом требований сборки (DFMA). Процедуры согласования производства автомобильной электроники (PPAP) и аттестация измерительных каналов.
4.	Анализ погрешностей и современные методы оценки неопределенности измерений	Классификация погрешностей в электронном эксперименте и расчет неопределенности по руководству GUM. Применение моделирования методом Монте-Карло для оценки сложных неопределенностей и байесовских подходов для анализа редких событий и отказов.
5.	Метрология цепей	Измерение тока, напряжения, мощности и

	питания и низкочастотных аналоговых трактов	импеданса в условиях кондуктивных помех и электромагнитных наводок. Методы прецизионных измерений слабых сигналов, фильтрация синфазных и дифференциальных помех, заземление и экранирование.
6.	Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)	Принципы планирования и проведения высокоинтенсивных термомеханических испытаний (HALT) и стресс-скрининга (HASS). Измерительный контроль параметров ЭКБ в процессе климатических воздействий, оценка интенсивности отказов и прогнозирование надежности.
7.	Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах	Анализ целостности сигналов (Signal Integrity) и питания (Power Integrity) с помощью цифровых фазовых осциллографов. Измерение джиттера, построение глазковых диаграмм (Eye Diagrams), применение векторных анализаторов цепей (VNA) в СВЧ-диапазоне.
8.	Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии	Архитектура автоматизированных систем тестирования (ATE) на базе магистрально-модульных стандартов PXIe, AXIe и сетевого интерфейса LXI. Программное управление по VISA, применение генеративного ИИ для автоматического создания скриптов тестовых последовательностей.
9.	Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)	Применение контрольных карт Шухарта для оценки стабильности технологических процессов сборки электроники. Проведение процедур MSA (метод Gage R&R, оценка смещения и линейности) для подтверждения пригодности измерительных систем.
10.	Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит	Методы автоматического оптического (AOI) и рентгеновского (AXI) контроля печатных узлов, внутрисхемное (ICT) и периферийное тестирование. Системы прослеживаемости (Traceability) компонентов и процессов, требования отраслевых стандартов IATF 16949 и AS9100.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств.

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике

Вопросы для обсуждения:

Тема 3: Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства

Вопросы для обсуждения:

Тема 4: Анализ погрешностей и современные методы оценки неопределенности измерений

Вопросы для обсуждения:

Тема 5: Метрология цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов

Вопросы для обсуждения:

Тема 6: Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии

Вопросы для обсуждения:

Тема 9: Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит

Вопросы для обсуждения:

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств.

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике

Вопросы для обсуждения:

Тема 3: Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства

Вопросы для обсуждения:

Тема 4: Анализ погрешностей и современные методы оценки неопределенности измерений

Вопросы для обсуждения:

Тема 5: Метрология цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов

Вопросы для обсуждения:

Тема 6: Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии

Вопросы для обсуждения:

Тема 9: Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит

Вопросы для обсуждения:

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам:
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств	ПК-3	Тестирование
Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике	ПК-3	Тестирование
Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства	ПК-3	Тестирование
Анализ погрешностей и современные методы оценки	ПК-3	Тестирование

неопределенности измерений		
Метрология цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов	ПК-3	Тестирование
Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)	ПК-3	Тестирование
Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах	ПК-3	Тестирование
Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии	ПК-3	Тестирование
Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)	ПК-3	Тестирование
Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по дисциплине «Стандартизация и технические измерения в электронике»

1. Что является объектом стандартизации в электронике?

- а) Продукция, процессы, услуги
- б) Только готовая продукция
- в) Только измерительное оборудование
- г) Только нормативная документация

2. Какой документ устанавливает обязательные требования к продукции в России?

- а) Стандарт организации (СТО)
- б) Технический регламент
- в) Национальный стандарт ГОСТ Р
- г) Технические условия (ТУ)

3. Какой принцип лежит в основе обеспечения единства измерений?

- а) Использование только цифровых приборов
- б) Трассируемость результатов к государственным эталонам
- в) Применение поверки только импортных приборов
- г) Отсутствие погрешностей

4. Что такое метрологическая прослеживаемость?

- а) Возможность связать результат измерения с эталоном через калибровку
- б) Возможность повторного измерения
- в) Наличие паспорта на прибор
- г) Поверка прибора раз в год

5. Какой документ регламентирует правила проведения поверки средств измерений в РФ?

- а) ГОСТ Р ИСО 9001
- б) Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений»
- в) СанПиН
- г) Технический регламент Таможенного союза

6. Что такое погрешность измерения?

- а) Отклонение результата измерения от истинного значения

- б) Чувствительность прибора
- в) Разрешающая способность
- г) Время установления показаний

7. Как называется погрешность, остающаяся после исключения систематической составляющей?

- а) Абсолютная
- б) Относительная
- в) Случайная
- г) Инструментальная

8. Какой параметр характеризует разброс результатов при многократных измерениях?

- а) Систематическая погрешность
- б) Случайная погрешность
- в) Грубая погрешность (промах)
- г) Класс точности

9. Как расшифровывается аббревиатура SPC в контексте управления качеством?

- а) Statistical Process Control
- б) Standard Product Certification
- в) Serial Protocol Converter
- г) System Performance Check

10. Что такое неопределённость измерений?

- а) Погрешность, выраженная в виде доверительного интервала
- б) Абсолютное значение ошибки
- в) Класс точности прибора
- г) Разрешающая способность измерительной системы

11. Какой метод статистического контроля применяется для анализа стабильности технологического процесса?

- а) Контрольные карты Шухарта
- б) Диаграмма Парето
- в) Метод «точно вовремя»
- г) Функционально-стоимостный анализ

12. Как называется эталон, обеспечивающий хранение и воспроизведение единицы физической величины с наивысшей точностью?

- а) Рабочий эталон
- б) Государственный первичный эталон
- в) Вторичный эталон
- г) Эталон сравнения

13. Какая организация в РФ уполномочена утверждать государственные первичные эталоны?

- а) Ростехнадзор
- б) Росстандарт
- в) Министерство промышленности и торговли
- г) Российская академия наук

14. Что такое поверка средств измерений?

- а) Совокупность операций, подтверждающих соответствие прибора метрологическим требованиям
- б) Ремонт прибора
- в) Настройка прибора пользователем
- г) Юстировка прибора

15. Какую информацию несёт класс точности средства измерения?

- а) Пределы допускаемой погрешности
- б) Стоимость прибора

- в) Гарантийный срок
- г) Производителя

16. Какой параметр сигнала измеряется с помощью осциллографа в режиме реального времени?

- а) Частота
- б) Форма сигнала и временные параметры
- в) Спектральная плотность
- г) Полное сопротивление

17. Какой прибор предназначен для измерения параметров цепей (сопротивления, индуктивности, ёмкости) на переменном токе?

- а) Мультиметр
- б) LCR-метр
- в) Частотомер
- г) Логический анализатор

18. Что такое калибровка средства измерения?

- а) Определение действительных значений метрологических характеристик без утверждения годности
- б) Поверка прибора
- в) Юстировка прибора
- г) Ремонт прибора

19. Какая из перечисленных величин является основной в системе СИ?

- а) Сила
- б) Давление
- в) Электрическое сопротивление
- г) Сила тока

20. Какой стандарт устанавливает требования к системам менеджмента качества?

- а) ISO 9001
- б) ISO 14001
- в) ISO 45001
- г) ISO 50001

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине **Примерный перечень вопросов к зачету:**

1. Предмет и задачи дисциплины. Роль стандартизации и технических измерений в обеспечении качества электронных устройств.
2. Система технического регулирования в Российской Федерации. Технические регламенты и их значение.
3. Национальная система стандартизации. Виды стандартов и их применение в электронике.
4. Международная стандартизация. Стандарты ISO, IEC, IPC в области электронной промышленности.
5. Обеспечение единства измерений: цели, принципы, нормативно-правовая база.
6. Государственная метрологическая служба. Государственный метрологический надзор.
7. Эталоны и поверочные схемы. Государственные первичные эталоны.
8. Классификация средств измерений. Метрологические характеристики.
9. Погрешность измерений: определение, классификация (систематическая, случайная, грубая).
10. Методы обработки результатов многократных измерений. Оценка случайной погрешности.
11. Неопределённость измерений. Подходы к оцениванию неопределённости (тип А и тип Б).
12. Поверка и калибровка средств измерений. Отличия и порядок проведения.
13. Метрологическое обеспечение этапов разработки и производства электронных средств (NPI, DFMA, квалификация производства).

14. Измерение параметров цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов.
15. Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах. Осциллографы, логические анализаторы, пробники.
16. Измерения в СВЧ-трактах. Векторные анализаторы цепей, рефлектометры.
17. Автоматизация измерений. Модульные измерительные системы PXIe, AXIe, LXI.
18. Программное обеспечение для автоматизации измерений (LabVIEW, Python, специальные драйверы). Применение ИИ-технологий.
19. Статистическое управление процессами (SPC). Контрольные карты Шухарта, индексы воспроизводимости C_p , C_{pk} .
20. Анализ измерительных систем (MSA). Методика Gage R&R и её применение.
21. Метрологическое обеспечение ускоренных испытаний (HALT/HASS). Измерение параметров в процессе испытаний.
22. Контроль качества на производстве: входной, операционный, приёмочный. Способы и средства.
23. Прослеживаемость (traceability) результатов измерений. Документальное оформление.
24. Технический аудит системы менеджмента качества и метрологического обеспечения. Основные этапы.
25. Современные тенденции в области стандартизации и технических измерений в электронике (цифровые двойники, интеллектуальные сенсоры, удалённая калибровка).

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более	Включает нижестоящий уровень. Способность	хорошо		71-85

	широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Клаассен, К. Б. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: учебное пособие / К. Б. Клаассен; перевод с английского Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. – 4-е изд. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2026. – 352 с. – ISBN 978-5-91559-125-6. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477387>
2. Лютиков, И. В. Метрология и радиоизмерения: учебник / И. В. Лютиков, Д. С. Викторов, В. А. Цветков; под общей редакцией Д. С. Викторова; Сибирский федеральный университет. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. – 508 с. – ISBN 978-5-7638-3477-2. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=328490>

Дополнительная литература:

1. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Практикум. В 2 томах. Том 1: учебное пособие для вузов / Н. А. Волошина, О. В. Филипович, Н. А. Балакина, Г. Н. Гришко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2026. – 192 с. – ISBN 978-5-507-54583-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://lanbook.com/catalog/selskoe-lesnoe-i-rybnoe-khozyaystvo/vzaimozamenyaemost-standartizatsiya-i-tekhnicheskie-izmereniya-praktikum-v-2-tomakh-tom-1/>

2. Метрологическое обеспечение разработки, производства и испытаний продукции: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://lanbook.com/catalog/discipline/metrologicheskoe-obespechenie-razrabotki-proizvodstva-i-ispytaniy-produktsii/>
3. IPC-A-610H. Acceptability of Electronic Assemblies [Электронный ресурс] / IPC — Association Connecting Electronics Industries. — Режим доступа: <https://www.ipc.org>
4. Keysight Technologies Применение векторных анализаторов цепей и осциллографов для анализа Signal Integrity. Руководства по применению (Application Notes) [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.keysight.com>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:
 - Среды автоматизации измерений и разработки АТЕ: National Instruments LabVIEW для создания виртуальных приборов и управления модульными системами PXIe/LXI;
 - Средства программного управления измерительным оборудованием: библиотеки Python (PyVISA, InstrumentKit) для написания автоматизированных скриптов тестирования;
 - Инструменты промышленного статистического анализа, SPC и MSA: программные пакеты Minitab и JMP для расчета Gage R&R и построения контрольных карт;
 - Средства анализа целостности высокоскоростных сигналов и СВЧ: Keysight PathWave Design (ADS) и Ansys SIwave/HFSS для численного моделирования волнового сопротивления и SI/PI;
 - Пакеты сквозного проектирования и первичного SI-анализа: встроенные инструменты Altium Designer (Signal Integrity) для верификации топологии печатных плат;
 - Программное обеспечение периферийного сканирования: JTAG ProVision для разработки тестов межсоединений на уровне печатных плат по стандарту IEEE 1149.1.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий

используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний в области правовых, организационных и технических основ промышленной безопасности и охраны труда, а также практических навыков управления профессиональными рисками, безопасной эксплуатации производственного оборудования, организации безопасных условий труда на предприятиях наукоёмких производств в соответствии с требованиями Трудового кодекса РФ и Федерального закона № 116-ФЗ.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: требования промышленной безопасности и охраны труда, связанные с чтением и разработкой конструкторской и технологической документации на изделия и испытательную оснастку; свойства производственных материалов и оборудования с точки зрения их безопасной эксплуатации, а также методы контроля и измерения параметров, влияющих на безопасность; порядок проведения испытаний для подтверждения свойств материалов и безопасного функционирования оборудования. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией, выявляя в ней требования и положения, касающиеся промышленной безопасности и охраны труда; учитывать требования технологичности при разработке документации с позиций безопасности производства и эксплуатации; пользоваться оборудованием для контроля и измерения параметров (средства защиты, измерители факторов среды) и проводить испытания для подтверждения соответствия

		материалов и изделий требованиям безопасности. Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской документации на предмет соответствия нормам промышленной безопасности и охраны труда; методами контроля и оценки параметров материалов и оборудования с использованием измерительной техники; приёмами проведения испытаний (в том числе для подтверждения свойств материалов) и оформления результатов с учётом требований безопасности.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: требования нормативно-правовых актов (ТК РФ, ФЗ-116) к составлению программ испытаний и оформлению конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку; правила безопасной эксплуатации специального оборудования, применяемого при проведении испытаний; порядок учета опасных факторов при разработке документации и программ испытаний. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, обеспечивая соблюдение требований промышленной безопасности и охраны труда; составлять программы испытаний разрабатываемых изделий и разрабатывать документацию на оснастку с учётом безопасных методов и приёмов работы; применять специальное оборудование для испытаний в соответствии с правилами безопасности. Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской и технологической документации на предмет её соответствия нормам безопасности при испытаниях; приёмами работы со специальным испытательным оборудованием с соблюдением требований охраны труда; методами оформления программ испытаний и документации на оснастку, включая разделы по безопасности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	Изучение раздела X Трудового кодекса РФ, прав и обязанностей работодателя и работника, государственного надзора в сфере охраны труда.
2.	Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	Требования Федерального закона № 116-ФЗ к эксплуатации опасных производственных объектов, лицензированию и экспертизе промышленной безопасности.
3.	Управление профессиональными рисками	Практические методы идентификации опасностей, оценки уровней профессиональных рисков и разработки карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
4.	Безопасность производственного оборудования и технологий	Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением; организация производственного контроля и технического диагностирования.
5.	Организация охраны труда на предприятии	Разработка локальных нормативных актов, положение о СУОТ, порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ).
6.	Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	Виды инструктажей, порядок обучения требованиям охраны труда, документальное оформление и контроль знаний работников.

7.	Средства индивидуальной и коллективной защиты	Нормы выдачи СИЗ, правила выбора и эксплуатации, обеспечение работников сертифицированными средствами защиты.
8.	Пожарная безопасность и действия в ЧС	Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности, системы противопожарной защиты, планы ликвидации аварий.
9.	Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности	Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности, профилактика инцидентов.
10.	Расследование и учёт несчастных случаев на производстве	Порядок расследования микротравм и несчастных случаев, оформление актов по форме Н-1, анализ причин и профилактика повторных случаев.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Раздел X Трудового кодекса РФ. Права и обязанности работодателя и работника в области охраны труда. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Ответственность за нарушение требований охраны труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов. Лицензирование деятельности. Экспертиза промышленной безопасности.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Методы идентификации опасностей на рабочих местах. Оценка уровней профессиональных рисков. Разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда. Мероприятия по снижению рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением. Организация производственного контроля. Техническое диагностирование оборудования. Остановка и ремонт.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ). Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Виды инструктажей по охране труда (вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой). Порядок обучения требованиям охраны труда. Проверка знаний. Документальное оформление.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Нормы выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ). Правила выбора и эксплуатации СИЗ. Обеспечение работников сертифицированными средствами защиты. Средства коллективной защиты на производстве.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты (сигнализация, оповещение, пожаротушение). Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности. Профилактика инцидентов. Документальное оформление обращения с отходами.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве. Оформление актов по форме Н-1. Анализ причин несчастных случаев. Профилактика повторных случаев.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Анализ конкретных статей ТК РФ. Разбор ситуационных задач по правам и обязанностям работника и работодателя. Составление локального акта по охране труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Идентификация опасных производственных объектов по признакам. Разработка перечня лицензируемых видов деятельности. Экспертиза промышленной безопасности: практические примеры.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Проведение идентификации опасностей на рабочем месте по чек-листу. Оценка рисков по методике Минтруда. Составление карты рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Анализ паспортов оборудования на предмет требований безопасности. Разработка производственного регламента. Порядок проведения технического диагностирования.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка положения о СУОТ для условного предприятия. Заполнение карты СОУТ. Планирование мероприятий по улучшению условий труда.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Составление графика инструктажей. Разработка программы вводного инструктажа. Оформление журнала регистрации инструктажей. Проведение учебной проверки знаний.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Подбор СИЗ по типовым нормам. Оценка сертификатов соответствия. Организация хранения и учета СИЗ. Проектирование систем коллективной защиты.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Определение категории помещения по взрывопожароопасности. Разработка плана эвакуации. Отработка действий при условном пожаре. Заполнение журнала противопожарных мероприятий.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Классификация отходов производства по классам опасности. Разработка инструкции по обращению с отходами. Заполнение паспортов отходов.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Анализ реальных актов Н-1. Проведение учебного расследования несчастного случая. Заполнение бланка извещения и акта. Разработка профилактических мероприятий.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ). Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116). Управление профессиональными рисками. Безопасность производственного оборудования и технологий. Организация охраны труда на предприятии. Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала. Средства индивидуальной и коллективной защиты. Пожарная безопасность и действия в ЧС. Обращение с промышленными отходами. Расследование и учёт несчастных случаев на производстве.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ статей ТК РФ и решение ситуационных задач. Идентификация опасных производственных объектов. Оценка профессиональных рисков и составление карт рисков. Анализ требований безопасности к оборудованию. Разработка положения о СУОТ и заполнение карт СОУТ. Составление программ инструктажей. Подбор СИЗ по типовым нормам. Определение категорий помещений по пожарной безопасности. Классификация отходов и разработка инструкций. Проведение учебного расследования несчастного случая.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Права и обязанности работодателя и работника. Лицензирование опасных производственных объектов. Методы оценки профессиональных рисков. Производственный контроль оборудования. Специальная оценка условий труда. Виды инструктажей и порядок их проведения. Нормы выдачи СИЗ. Категории взрывопожароопасности помещений. Классы опасности отходов. Порядок расследования и оформления несчастных случаев.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем

дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Управление профессиональными рисками	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Безопасность производственного оборудования и технологий	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Организация охраны труда на предприятии	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Средства индивидуальной и коллективной защиты	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Пожарная безопасность и действия в ЧС	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Расследование и учёт несчастных случаев на производстве	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Тест по теме «Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)»

1. Какой раздел Трудового кодекса РФ непосредственно посвящён охране труда?

- а) Раздел III «Трудовой договор»
- б) Раздел X «Охрана труда»
- в) Раздел VII «Гарантии и компенсации»

г) Раздел XII «Особенности регулирования труда отдельных категорий работников»

2. Кто обязан обеспечивать безопасные условия и охрану труда в организации?

- а) Работник
- б) Профсоюзная организация
- в) Работодатель
- г) Государственная инспекция труда

3. Какая статья ТК РФ устанавливает обязанности работника в области охраны труда?

- а) Статья 212
- б) Статья 214
- в) Статья 219
- г) Статья 225

4. Что из перечисленного является обязанностью работодателя согласно ТК РФ?

- а) Самостоятельно расследовать несчастный случай без комиссии
- б) Обеспечить режим труда и отдыха работников по своему усмотрению
- в) Проводить специальную оценку условий труда
- г) Отказать работнику в выдаче средств индивидуальной защиты

5. Какое право имеет работник в области охраны труда в соответствии с ТК РФ?

- а) Работать без прохождения обязательных медицинских осмотров
- б) Отказаться от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья
- в) Не сообщать работодателю о несчастном случае
- г) Самостоятельно приостанавливать производственную деятельность

6. Какой орган осуществляет государственный надзор за соблюдением трудового законодательства?

- а) Прокуратура
- б) Федеральная налоговая служба
- в) Федеральная инспекция труда (Роструд)
- г) Министерство здравоохранения

7. За нарушение требований охраны труда работодатель может быть привлечён к:

- а) Только дисциплинарной ответственности
- б) Только гражданско-правовой ответственности
- в) Административной, уголовной и материальной ответственности
- г) Только уголовной ответственности

8. Что является основанием для проведения внеплановой проверки государственной инспекцией труда?

- а) Истечение планового периода проверки
- б) Поступление жалобы работника на нарушение его трудовых прав
- в) Желание работодателя пройти проверку
- г) Окончание календарного года

9. В каком случае работник вправе пройти обучение по охране труда за счёт работодателя?

- а) Всегда по желанию работника
- б) Только при трудоустройстве
- в) При приёме на работу, а также в процессе трудовой деятельности
- г) Только при увольнении

10. Какая статья ТК РФ регламентирует проведение специальной оценки условий труда?

- а) Статья 212
- б) Статья 214
- в) Статья 219
- г) Статья 225

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Раздел X Трудового кодекса РФ. Основные права и обязанности работодателя в области охраны труда.
2. Обязанности работника по соблюдению требований охраны труда согласно ТК РФ.
3. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Роль Федеральной инспекции труда.
4. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов.
5. Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности и экспертиза промышленной безопасности.
6. Управление профессиональными рисками на предприятии. Методы идентификации опасностей.
7. Оценка уровней профессиональных рисков и разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
8. Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов и сосудов под давлением.
9. Организация производственного контроля и техническое диагностирование оборудования.
10. Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ).
11. Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.
12. Виды инструктажей по охране труда: вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой.
13. Порядок обучения требованиям охраны труда и проверки знаний персонала. Документальное оформление.
14. Средства индивидуальной защиты (СИЗ). Нормы выдачи, правила выбора, эксплуатации и учета.
15. Средства коллективной защиты на производстве. Классификация и требования к их применению.
16. Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты.
17. Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.
18. Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке промышленных отходов I–IV классов опасности.
19. Профилактика инцидентов при обращении с отходами. Документальное оформление.
20. Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве.
21. Оформление актов о несчастном случае по форме Н-1. Сроки и ответственные лица.
22. Анализ причин несчастных случаев на производстве. Разработка профилактических мероприятий.
23. Ответственность работодателя и должностных лиц за нарушение требований промышленной безопасности и охраны труда.
24. Права работника на отказ от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья.
25. Планирование мероприятий по улучшению условий труда и снижению профессиональных рисков.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание	Основные признаки выделения уровня	Пятибалльная	Двухбалльная	БРС, % освоения

	уровня	(этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	шкала (академическая) оценка	ая шкала, зачет	я (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70

Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Бекиров, Ш. Н. Организация охраны труда на производстве и в социальной сфере: система управления охраной труда: учебное пособие для вузов / Ш. Н. Бекиров, М. С. Джиляджи. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 244 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439910>
2. Семенов, В. В. Охрана труда и пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие для вузов / В. В. Семенов, А. А. Петручик, Г. К. Ивахнюк. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-507-47059-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323099>
3. Наумова, Т. В. Безопасность жизнедеятельности. Теория, вопросы и задачи: учебное пособие / Т. В. Наумова, О. Г. Феоктистова, И. Н. Мерзликин. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-9729-1606-1. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=452599>
4. Специальная оценка условий труда: учебное пособие. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-3850-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>
5. Пачурин, Г. В. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: учебное пособие / Г. В. Пачурин, Н. И. Щенников, Т. И. Курагина, А. А. Филиппов. — 3-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

Дополнительная литература

Васильев, С. И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1 / С. И. Васильев, Л. Н. Горбунова. — Красноярск: СФУ, 2012. — 502 с. — ISBN 978-5-7638-2320-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система.

Нормативно-правовые акты

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 06.04.2024). — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683
2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15780/

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Дизайн материалов»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Введение в физическую химию»
 - 4.2. Программа дисциплины «Микроскопия микро- и наноструктур»
 - 4.3. Программа дисциплины «Функциональные наноматериалы. Виды и свойства»
 - 4.4. Программа дисциплины «Синтез наноматериалов»
 - 4.5. Программа дисциплины «Дифракционные методы исследования»
 - 4.6. Программа дисциплины «Методы исследования элементного и химического состава»
 - 4.7. Программа дисциплины «Методы оптической спектроскопии»
 - 4.8. Программа дисциплины «Физические основы приборостроения»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Дизайн материалов»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Осваивать фундаментальные понятия и законы физической химии, необходимые для анализа и направленного синтеза материалов с заданными свойствами.
- Изучать методы микроскопии микро- и наноструктур для визуализации и контроля морфологии и размера объектов.
- Формировать знания о классификации, структуре и свойствах функциональных наноматериалов.
- Осваивать основные технологические подходы к синтезу наноматериалов и управлению их характеристиками.
- Изучать дифракционные методы исследования для определения кристаллической структуры, фазового состава и текстуры материалов.
- Осваивать методы исследования элементного и химического состава для количественного и качественного анализа.
- Формировать навыки применения методов оптической спектроскопии для изучения электронной структуры, дефектов и оптических свойств материалов.
- Изучать физические основы приборостроения для интеграции разработанных материалов в реальные приборы и системы.
- Развивать способность интегрировать знания из разных областей для дизайна материалов с заданным комплексом свойств для наукоёмких производств.
- Формировать практические навыки работы на современном аналитическом и технологическом оборудовании для синтеза, характеристики и испытаний материалов.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физико-химические принципы синтеза и структурообразования функциональных наноматериалов, методы их диагностики (микроскопия, дифракция, спектроскопия, элементный анализ), а также физические основы приборостроения для обоснованного выбора материалов при разработке конструкторской документации и 3D-моделей. Уметь: применять инженерные знания о свойствах наноматериалов при создании конструкторской документации и 3D-моделей изделий с учётом

		рационального использования ресурсов, а также использовать результаты материаловедческих исследований для построения расчётных моделей в САЕ-системах. Владеть: навыками разработки конструкторской документации и 3D-моделей для изделий из наноматериалов, методами переноса экспериментальных данных о структуре и свойствах материалов в САЕ-модели, а также приёмами проведения стационарных и нестационарных расчётов с учётом характеристик материалов, заданных в техническом задании.
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: свойства наноматериалов, методы их контроля и испытаний, а также принципы разработки конструкторской и технологической документации с учётом технологичности. Уметь: работать с документацией и 3D-моделями, применять оборудование для измерения параметров материалов и проводить их испытания. Владеть: навыками анализа документации, работы на аналитическом оборудовании и проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: методы и средства испытаний наноматериалов и изделий из них, включая физико-химические, структурные и оптические методы анализа, а также порядок составления программ испытаний и требования к конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, применять специальное оборудование

		(спектрометры, микроскопы, дифрактометры) для контроля свойств наноматериалов, а также составлять программы испытаний в соответствии с техническим заданием. Владеть: навыками разработки документации на испытательную оснастку, методами проведения испытаний наноматериалов (механических, оптических, структурных) и оформления их результатов для подтверждения соответствия характеристик.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Введение в физическую химию».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических закономерностях протекания химических процессов, термодинамических и кинетических основах химических реакций, а также практических навыков применения физико-химических методов для анализа, синтеза и контроля свойств материалов, используемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физико-химические закономерности протекания химических процессов, определяющие поведение материалов при испытаниях; методы и средства физико-химического анализа, применяемые для контроля параметров материалов и изделий; порядок работы с конструкторской и технологической документацией при проведении физико-химических испытаний. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний материалов и изделий; применять специальное физико-химическое оборудование для измерения параметров образцов; составлять программы испытаний, включающие физико-химические методы контроля свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией в процессе испытаний; методами калибровки и эксплуатации специального физико-химического оборудования; приёмами интерпретации результатов физико-химических испытаний и оформления

		заключений о соответствии материалов требованиям технической документации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Введение в физическую химию» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы дисциплины	Предмет и задачи физической химии. Роль химической термодинамики и кинетики. Связь с общей химией, физикой и материаловедением.
2.	Базовые концепции	Термодинамические системы, параметры состояния. Первое и второе начала термодинамики. Понятие о химическом потенциале. Основы химической кинетики: скорость реакции, закон действующих масс, энергия активации.
3.	Экспериментальные методы физической химии	Калориметрия, методы измерения скорости реакций. Спектроскопические методы (УФ, ИК, Раман). Хроматографические методы анализа.
4.	Современное приборное обеспечение	УФ-видимые и ИК-спектрометры, газовые и жидкостные хроматографы, масс-спектрометры, калориметры. Применение для термодинамических и кинетических исследований.
5.	Методология эксперимента и обработка результатов	Планирование физико-химического эксперимента. Выбор методики и оборудования. Статистическое планирование измерений, оценка погрешностей.

6.	Обработка и интерпретация данных	Расчёт изменений энтальпии, энтропии, энергии Гиббса. Обработка кинетических кривых, определение порядка реакции и константы скорости.
7.	Проведение физико-химических измерений	Определение констант равновесия спектрофотометрическим методом. Исследование скорости реакции методом начальных скоростей. Построение фазовых диаграмм.
8.	Валидация и статистический контроль	Сравнение с литературными данными. Статистические критерии (F-тест, t-тест). Оценка воспроизводимости, прецизионности и правильности результатов.
9.	Современные технологии	Обзор современных вычислительных методов (основы квантово-химического моделирования, ознакомительный уровень). Перспективы применения цифровых технологий и элементов искусственного интеллекта в химической кинетике.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы дисциплины

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи физической химии. Место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и наукоёмкими технологиями. Основные методы физико-химических исследований. Термодинамический и статистический подходы.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия химической термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса. Первое, второе и третье начала термодинамики. Термохимия. Закон Гесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Классификация физико-химических методов анализа. Хроматография, масс-спектрометрия. Потенциометрия, кондуктометрия. Принципы выбора метода.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Устройство и принцип работы спектрофотометра, хроматографа, масс-спектрометра. Автоматизация измерений. Цифровая регистрация данных.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Планирование физико-химического эксперимента. Выбор условий измерения. Подготовка проб. Калибровка приборов. Первичная обработка данных.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Графические и аналитические методы обработки. Линеаризация зависимостей. Определение параметров уравнений (констант, коэффициентов). Оценка погрешностей и неопределённостей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Измерение тепловых эффектов (калориметрия). Измерение электропроводности и ЭДС. Измерение pH. Спектральные измерения. Кинетические измерения.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Валидация методик измерений. Статистический контроль качества результатов. Анализ точности и воспроизводимости. Контрольные карты. Оценка неопределённости.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Автоматизация физико-химического эксперимента. Использование компьютерного моделирования. Высокопроизводительный скрининг. Применение роботизированных систем. Искусственный интеллект в обработке данных.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Работа с учебной и справочной литературой. Размерности физико-химических величин. Составление таблиц термодинамических данных.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на закон Гесса и расчёт тепловых эффектов. Расчёт изменения энтропии и энергии Гиббса. Определение направления процесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Выбор метода для конкретной задачи (идентификация вещества, измерение концентрации, определение термодинамических параметров). Обсуждение достоинств и недостатков методов.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством спектрофотометра, хроматографа, pH-метра. Изучение инструкций. Настройка и калибровка приборов.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Составление плана эксперимента для заданной задачи. Подготовка проб и растворов. Проведение калибровочного графика.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Построение калибровочных графиков. Расчёт неизвестных концентраций. Линеаризация зависимостей (метод наименьших квадратов). Оценка погрешностей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Выполнение учебных измерений. Обработка результатов и оформление отчёта.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Расчёт среднего, дисперсии, стандартного отклонения. Построение контрольной карты. Анализ результатов на предмет выбросов.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Работа с компьютерными программами для обработки спектральных данных. Использование симуляторов физико-химических экспериментов. Обсуждение современных публикаций.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы дисциплины. Базовые концепции. Экспериментальные методы физической химии. Современное приборное обеспечение. Методология эксперимента и обработка результатов. Обработка и интерпретация данных. Проведение физико-химических измерений. Валидация и статистический контроль. Современные технологии.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт тепловых эффектов и энергии Гиббса. Обработка калибровочных графиков. Расчёт концентраций по спектрофотометрическим данным. Построение контрольных карт и оценка погрешностей. Подготовка проб и проведение расчётов по результатам рН-метрии и кондуктометрии.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термодинамические законы и расчёты. Физико-химические методы анализа. Устройство и принцип работы приборов. Оценка неопределённости измерений. Статистическая обработка результатов. Валидация методик.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции	Оценочные средства по этапам формирования компетенций

	(или ее части)	текущий контроль по дисциплине
Основы дисциплины	ПК-3	Тестирование
Базовые концепции	ПК-3	Тестирование
Экспериментальные методы физической химии	ПК-3	Тестирование
Современное приборное обеспечение	ПК-3	Тестирование
Методология эксперимента и обработка результатов	ПК-3	Тестирование
Обработка и интерпретация данных	ПК-3	Тестирование
Проведение физико-химических измерений	ПК-3	Тестирование
Валидация и статистический контроль	ПК-3	Тестирование
Современные технологии	ПК-3	Тестирование
Комплексное применение	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

- Что является предметом физической химии?**
 - Только химические реакции органических веществ
 - Химические явления и процессы с точки зрения их физической сущности
 - Строение атомного ядра
 - Механические свойства материалов
- Какая из задач не относится к физической химии?**
 - Изучение скоростей химических реакций
 - Изучение тепловых эффектов реакций
 - Синтез новых органических соединений
 - Исследование условий химического равновесия
- Какой раздел физической химии изучает превращения энергии в химических процессах?**
 - Химическая кинетика
 - Химическая термодинамика
 - Электрохимия
 - Коллоидная химия
- Химическая кинетика изучает:**
 - Скорости и механизмы химических реакций
 - Тепловые эффекты реакций
 - Равновесие в гетерогенных системах
 - Электропроводность растворов
- С какой наукой физическая химия имеет наиболее тесную связь?**
 - Биология
 - Геология

- в) Физика
- г) Астрономия

6. **Что изучает химическая термодинамика?**

- а) Строение молекул
- б) Энергетику и направление химических процессов
- в) Скорость протекания реакции
- г) Каталитические явления

7. **Для чего нужны знания физической химии в материаловедении?**

- а) Для прогнозирования свойств материалов и условий их синтеза
- б) Только для расчёта массы образца
- в) Для изучения микроструктуры
- г) Только для контроля размеров

8. **Какой метод НЕ относится к физико-химическим методам анализа?**

- а) Спектрофотометрия
- б) Потенциометрия
- в) Титриметрия (объёмный анализ)
- г) Хроматография

9. **Что изучает химическая термодинамика?**

- а) Только экзотермические реакции
- б) Энергетику и направление химических процессов
- в) Скорость протекания реакции
- г) Каталитические явления

10. **Какой закон лежит в основе термохимии?**

- а) Закон Авогадро
- б) Закон Гесса
- в) Закон Фарадея
- г) Правило фаз Гиббса

11. **Что позволяет предсказать знак изменения энергии Гиббса (ΔG) в химической реакции?**

- а) Скорость реакции
- б) Направление самопроизвольного протекания
- в) Тепловой эффект
- г) Механизм реакции

12. **Какое понятие в физической химии характеризует меру неупорядоченности системы?**

- а) Энтальпия
- б) Энергия Гиббса
- в) Энтропия
- г) Теплоёмкость

13. **Почему физическую химию называют теоретической основой химической технологии?**

- а) Она позволяет рассчитывать оптимальные условия процессов
- б) Она описывает только лабораторные реакции

- в) Она не связана с производством
- г) Она изучает только строение веществ

14. **Какой из разделов физической химии изучает поверхностные явления и дисперсные системы?**

- а) Электрохимия
- б) Коллоидная химия
- в) Фотохимия
- г) Радиохимия

15. **Что такое «физико-химический анализ» по Курнакову?**

- а) Изучение зависимости свойств системы от её состава
- б) Определение элементного состава
- в) Измерение температуры
- г) Качественный анализ смеси

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет, задачи и место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и материаловедением.
2. Основные понятия химической термодинамики: система, фаза, компонент, термодинамические параметры. Классификация систем.
3. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Физический смысл и связь между ними.
4. Первое начало термодинамики. Тепловые эффекты химических реакций.
5. Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния. Критерии направления самопроизвольных процессов.
6. Третье начало термодинамики. Абсолютная энтропия. Невозможность достижения абсолютного нуля температур.
7. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа химического равновесия. Изотерма химической реакции.
8. Зависимость константы равновесия от температуры.
9. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость. Закон действующих масс для элементарных реакций. Порядок и молекулярность.
10. Кинетические уравнения реакций нулевого, первого, второго порядков. Период полупревращения. Энергия активации.
11. Классификация физико-химических методов анализа (спектральные, электрохимические, хроматографические, термические). Принципы выбора метода.

12. Спектрофотометрия и фотоколориметрия. Применение для количественного анализа.
13. Потенциометрия. Определение рН. Ионоселективные электроды.
14. Кондуктометрия. Электропроводность растворов электролитов. Применение для анализа солей и кислот.
15. Хроматография (газовая, жидкостная, тонкослойная). Принцип разделения. Качественный и количественный анализ.
16. Устройство и принцип работы спектрофотометра, рН-метра, кондуктометра. Автоматизация измерений.
17. Планирование физико-химического эксперимента. Калибровка приборов. Подготовка проб. Оценка погрешностей измерений.
18. Статистическая обработка результатов. Среднее арифметическое, дисперсия, стандартное отклонение. Построение калибровочного графика (метод наименьших квадратов).
19. Валидация методик физико-химического анализа. Параметры валидации (специфичность, линейность, точность, прецизионность). Контрольные карты.
20. Современные тенденции: автоматизация эксперимента, использование компьютерного моделирования, искусственный интеллект в обработке спектральных данных.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100

Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Бажин, Н. М. Начала физической химии: учебное пособие / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. — Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-16-009055-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=371882>
2. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. — 7-е изд., электрон. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 410 с. — ISBN 978-5-906828-87-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97412>

Дополнительная литература:

1. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия: учебное пособие / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1380-5. — Текст:

электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4312>

2. Борисов, И. М. Введение в физическую химию: учебник / И. М. Борисов. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-507-46841-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/334491>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Микроскопия микро- и наноструктур».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах микроскопического исследования объектов микро- и нанометрового диапазона, а также практических навыков визуализации, анализа структуры, морфологии и свойств материалов, применяемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические принципы работы оптических, электронных и зондовых микроскопов, методы подготовки образцов для микроскопического анализа, а также требования к конструкторской и технологической документации при проведении микроскопических испытаний материалов и изделий. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний с использованием микроскопического оборудования, а также применять специальное оборудование для визуализации и измерения параметров микро- и наноструктур. Владеть: навыками составления программ испытаний, включающих методы микроскопии, методами подготовки образцов и работы на микроскопическом оборудовании, а также приёмами интерпретации полученных изображений и оформления результатов в соответствии с требованиями технической документации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Микроскопия микро- и наноструктур» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы формирования микроскопических изображений	Изучение взаимодействия фотонов, электронов и зондов с веществом, механизмов контрастообразования, формирования сигнала и принципов получения изображений микро- и наноструктур
2.	Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии	Теория разрешения, критерии Аббе и Релея, глубина резкости, глубина проникновения, отношение сигнал-шум, артефакты измерений, радиационные повреждения и пределы чувствительности методов
3.	Современная оптическая микроскопия	Методы светлопольной, темнопольной, поляризационной, фазово-контрастной, конфокальной и флуоресцентной микроскопии, а также основы сверхразрешающих методов визуализации
4.	Растровая электронная микроскопия и микроанализ	Принципы работы РЭМ, взаимодействие электронного пучка с веществом, вторичные и обратнорассеянные электроны, энергодисперсионный и волнодисперсионный анализ, низковольтная и экологическая электронная микроскопия
5.	Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция	Основы ПЭМ, высокоразрешающая микроскопия, электронная дифракция, STEM-режимы, коррекция аберраций, анализ дефектов, границ зерен и атомной структуры материалов
6.	Сканирующая зондовая микроскопия	Методы атомно-силовой, сканирующей туннельной, магнитно-силовой и проводящей

		микроскопии, исследование топографии, механических, электрических и магнитных свойств поверхностей
7.	Трёхмерная микроскопия и томографические методы	Электронная томография, FIB-SEM томография, рентгеновская микротомография, реконструкция объёмной структуры материалов и нанокompозитов
8.	Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований	Методы подготовки образцов для различных видов микроскопии, калибровка оборудования, оценка неопределённости измерений, воспроизводимость и верификация результатов

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы формирования микроскопических изображений.

Вопросы для обсуждения: Волновая природа света и взаимодействие с объектом. Дифракция и интерференция. Методы формирования увеличенного изображения. Аббе и его теория формирования изображения. Контраст в микроскопии.

Тема 2: Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии.

Вопросы для обсуждения: Дифракционный предел. Числовая апертура. Методы преодоления дифракционного предела. Влияние aberrаций на качество изображения.

Тема 3: Современная оптическая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Принципиальная схема микроскопа. Конфокальная микроскопия. Флуоресцентная микроскопия. Методы фазового и интерференционного контраста. Микроскопия сверхвысокого разрешения

Тема 4: Растровая электронная микроскопия и микроанализ

Вопросы для обсуждения: Физические основы растровой электронной микроскопии. Взаимодействие электронов с веществом. Сигналы вторичных и обратнорассеянных электронов. Рентгеновский микроанализ

Тема 5: Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция

Вопросы для обсуждения: Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа. Формирование изображения в светлопольном и темнопольном режимах. Электронная дифракция на монокристаллах и поликристаллах.

Тема 6: Сканирующая зондовая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Принципы работы атомно-силового микроскопа. Туннельный микроскоп. Режимы контактный, полуконтактный, бесконтактный. Магнитно-силовая и электросиловая микроскопия. Измерение механических, электрических и магнитных свойств на наноуровне.

Тема 7: Трёхмерная микроскопия и томографические методы

Вопросы для обсуждения: Принципы томографии. Электронная томография. Фокусированная ионно-лучевая томография. Конфокальная лазерная томография. Реконструкция трёхмерных изображений. Применение для анализа объёмных наноструктур.

Тема 8: Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований

Вопросы для обсуждения: Методы подготовки образцов для оптической и электронной

микроскопии. Напыление проводящих покрытий. Фиксация и контрастирование.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы формирования микроскопических изображений.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на расчёт увеличения, числовой апертуры, разрешения. Построение хода лучей в оптическом микроскопе. Оценка влияния длины волны на разрешающую способность.

Тема 2: Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии.

Вопросы для обсуждения: Расчёт предела разрешения для оптического и электронного микроскопов. Сравнение разрешающей способности разных методов. Анализ критерия Рэля на примерах.

Тема 3: Современная оптическая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Настройка микроскопа и получение изображений эталонных образцов. Определение разрешения. Освоение методов фазового контраста. Работа с флуоресцентным микроскопом.

Тема 4: Растровая электронная микроскопия и микроанализ

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством РЭМ. Подготовка образцов. Получение изображений при различных режимах. Проведение рентгеновского микроанализа. Интерпретация спектров.

Тема 5: Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция

Вопросы для обсуждения: Подготовка тонких образцов. Работа в светлопольном и темнопольном режимах. Получение дифракционной картины. Индицирование рефлексов. Расчёт параметров решётки.

Тема 6: Сканирующая зондовая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Настройка атомно-силового микроскопа. Получение топографии поверхности в контактном и полуконтактном режимах.

Тема 7: Трёхмерная микроскопия и томографические методы

Вопросы для обсуждения: Сбор серии изображений при разных углах наклона. Реконструкция трёхмерного изображения. Анализ объёмных параметров пор, частиц, дефектов.

Тема 8: Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований

Вопросы для обсуждения: Практическое освоение методов подготовки образцов (шлифование, травление, напыление). Калибровка микроскопа по эталону. Оценка погрешностей измерений.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Физические основы формирования микроскопических изображений	Изучение хода лучей и построение изображения в оптическом микроскопе
2.	Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии	Определение предела разрешения оптического микроскопа с использованием дифракционной решётки
3.	Современная оптическая микроскопия	Исследование микроструктуры образцов методами светлопольной, темнопольной и фазово-контрастной микроскопии
4.	Растровая электронная	Изучение морфологии поверхности и

	микроскопия и микроанализ	элементного состава образцов на растровом электронном микроскопе с рентгеновским микроанализатором
5.	Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция	Анализ кристаллической структуры тонких плёнок методами просвечивающей электронной микроскопии и микродифракции
6.	Сканирующая зондовая микроскопия	Исследование топографии и локальных свойств поверхности методом атомно-силовой микроскопии
7.	Трёхмерная микроскопия и томографические методы	Реконструкция объёмного изображения микрообъекта по серии томографических срезов
8.	Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований	Освоение методов подготовки шлифов, напыления проводящих покрытий и калибровки микроскопа

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы формирования микроскопических изображений. Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии. Современная оптическая микроскопия. Растровая электронная микроскопия и микроанализ. Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция. Сканирующая зондовая микроскопия. Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт увеличения, числовой апертуры и разрешения оптического микроскопа. Расчёт предела разрешения электронного микроскопа. Настройка микроскопа и получение изображений эталонов. Определение разрешения в оптической микроскопии. Работа на растровом электронном микроскопе и интерпретация спектров микроанализа. Настройка атомно-силового микроскопа и измерение шероховатости. Реконструкция трёхмерных изображений из томографических данных. Калибровка микроскопа и оценка погрешностей.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Устройство и принципы оптической, электронной и зондовой микроскопии. Формирование контраста в различных режимах. Взаимодействие электронов с веществом, типы сигналов. Рентгеновский микроанализ. Электронная дифракция. Режимы работы атомно-силового микроскопа. Подготовка образцов для разных типов микроскопии. Калибровка, метрология, стандарты.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физические основы формирования микроскопических изображений	ПК-3	Тестирование
Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии	ПК-3	Тестирование
Современная оптическая микроскопия	ПК-3	Тестирование
Растровая электронная микроскопия и микроанализ	ПК-3	Тестирование
Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция	ПК-3	Тестирование
Сканирующая зондовая микроскопия	ПК-3	Тестирование
Трёхмерная микроскопия и томографические методы	ПК-3	Тестирование
Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы формирования микроскопических изображений»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Какое явление лежит в основе формирования изображения в оптическом микроскопе?**
 - а) Отражение
 - б) Преломление и дифракция
 - в) Поляризация
 - г) Фотоэффект
2. **Что такое дифракция света?**
 - а) Огибание волной препятствий, соизмеримых с длиной волны
 - б) Изменение направления волны на границе двух сред
 - в) Наложение когерентных волн
 - г) Зависимость показателя преломления от длины волны
3. **Кто разработал теорию формирования изображения в микроскопе, основанную на двойной дифракции?**
 - а) И. Ньютон
 - б) Э. Аббе
 - в) Р. Гук
 - г) Л. да Винчи
4. **Что такое интерференция света?**
 - а) Огибание волной препятствий
 - б) Сложение когерентных волн с образованием устойчивой картины
 - в) Разложение белого света в спектр
 - г) Изменение скорости света в среде
5. **Какое условие необходимо для наблюдения интерференции?**
 - а) Монохроматичность и когерентность волн
 - б) Широкий спектр излучения
 - в) Высокая интенсивность
 - г) Поляризация волн
6. **Что в оптической микроскопии называется «промежуточным изображением»?**
 - а) Изображение, формируемое окуляром
 - б) Изображение, формируемое объективом в фокальной плоскости
 - в) Изображение на сетчатке глаза
 - г) Изображение после конденсора
7. **Как называется способность микроскопа давать раздельное изображение мелких деталей объекта?**
 - а) Увеличение
 - б) Разрешающая способность
 - в) Контраст
 - г) Глубина резкости
8. **Какой параметр объектива определяет его разрешающую способность?**
 - а) Фокусное расстояние
 - б) Числовая апертура
 - в) Длина тубуса
 - г) Угловое увеличение
9. **Чему равна числовая апертура объектива?**
 - а) Произведению показателя преломления среды на синус апертурного угла
 - б) Отношению фокусного расстояния к диаметру линзы

- в) Квадрату увеличения
 - г) Обратной величине разрешения
10. **Как влияет увеличение числовой апертуры на разрешение?**
- а) Разрешение ухудшается
 - б) Разрешение улучшается
 - в) Не влияет
 - г) Зависит от длины волны
11. **Какой критерий используется для оценки предела разрешения оптического микроскопа?**
- а) Критерий Найквиста
 - б) Критерий Рэлея
 - в) Критерий Коши
 - г) Критерий Ньютона
12. **Формула Рэлея для предела разрешения имеет вид (λ – длина волны, $n \sin \alpha$ – числовая апертура):**
- а) $\delta = 0,61 \lambda / (n \sin \alpha)$
 - б) $\delta = 1,22 \lambda / (n \sin \alpha)$
 - в) $\delta = \lambda / (2 n \sin \alpha)$
 - г) $\delta = \lambda (n \sin \alpha)$
13. **Что такое контраст изображения в микроскопии?**
- а) Относительная разность интенсивностей между деталями объекта и фоном
 - б) Размер изображения
 - в) Яркость источника света
 - г) Цветовая гамма
14. **Какой метод используется для повышения контраста прозрачных неокрашенных объектов?**
- а) Фазово-контрастная микроскопия
 - б) Темнопольная микроскопия
 - в) Флуоресцентная микроскопия
 - г) Все перечисленные
15. **Что такое аберрации оптических систем?**
- а) Искажения изображения, вызванные несовершенством линз
 - б) Увеличение разрешения
 - в) Повышение контраста
 - г) Снижение яркости
16. **Какой тип аберрации приводит к тому, что лучи, падающие на линзу на разном расстоянии от оптической оси, фокусируются в разных точках?**
- а) Хроматическая аберрация
 - б) Сферическая аберрация
 - в) Астигматизм
 - г) Дисторсия
17. **Чем отличается хроматическая аберрация от сферической?**
- а) Хроматическая связана с дисперсией, сферическая – с формой линзы
 - б) Сферическая связана с дисперсией, хроматическая – с формой линзы
 - в) Обе вызваны только кривизной линз
 - г) Обе вызваны только длиной волны
18. **Какое явление ограничивает максимальное полезное увеличение микроскопа?**
- а) Дифракционный предел
 - б) Световая мощность источника
 - в) Качество линз окуляра
 - г) Длина тубуса

19. **Что такое «амплитудный объект» в микроскопии?**
- а) Объект, изменяющий только амплитуду проходящей волны
 - б) Объект, изменяющий фазу волны
 - в) Объект, поляризующий свет
 - г) Объект, рассеивающий свет
20. **Какая теория объясняет формирование изображения как результат двух последовательных дифракций: на объекте и на линзе объектива?**
- а) Волновая теория Аббе
 - б) Корпускулярная теория Ньютона
 - в) Электромагнитная теория Максвелла
 - г) Квантовая теория Планка

Пример задания лабораторной работы:

Тема: Изучение хода лучей и построение изображения в оптическом микроскопе

Задание

1. Изучение хода лучей в микроскопе

- Установите на предметный столик микропрепарат с нитевидным объектом (нитевидный объект располагается перпендикулярно оси).
- Включите осветитель и добейтесь чёткого изображения объекта, вращая макрометрический винт.
- Отметьте, в какой плоскости формируется промежуточное изображение объектива (используйте экран или кальку, помещённую в тубус без окуляра).
- Зарисуйте ход лучей от объекта до глаза наблюдателя, указав ход не менее трёх лучей от крайних точек объекта.
- Отметьте на схеме положение предмета, объектива, промежуточного изображения, окуляра и конечного мнимого изображения.

2. Построение изображения в микроскопе графическим методом

- Используя заданные параметры (фокусное расстояние объектива $F_{об} = \text{___ мм}$, фокусное расстояние окуляра $F_{ок} = \text{___ мм}$, расстояние от предмета до объектива $a = \text{___ мм}$, длина тубуса $L = 160 \text{ мм}$), постройте в масштабе ход лучей в микроскопе:
 - Постройте изображение предмета, даваемое объективом.
 - Найдите положение этого изображения относительно окуляра.
 - Постройте изображение, даваемое окуляром.
- Измерьте полученное линейное увеличение объектива, окуляра и общее увеличение микроскопа.
- Сравните построенное увеличение с паспортными данными объектива и окуляра.

3. Экспериментальное определение увеличения микроскопа

- Установите на предметный столик объект-микрометр (линейку с ценой деления $0,01 \text{ мм}$).
- В окуляр поместите окуляр-микрометр (линейку в окуляре с ценой деления $0,1 \text{ мм}$).
- Совместите шкалы и определите, сколько делений шкалы объекта-микрометра соответствует определённому числу делений окуляр-микрометра.
- Рассчитайте увеличение объектива (или общее увеличение) по формуле:
$$* \text{Увеличение} = (\text{деления окуляр-микрометра} \times 0,1 \text{ мм}) / (\text{деления объекта-микрометра} \times 0,01 \text{ мм}) *$$
- Сравните экспериментальное увеличение с номинальным.

4. Определение поля зрения микроскопа

- Установите объект-микрометр, сфокусируйтесь.
- Измерьте, какое количество делений объекта-микрометра укладывается по горизонтали и вертикали в поле зрения окуляра.
- Рассчитайте диаметр поля зрения в мм.
- Сделайте вывод о зависимости поля зрения от увеличения объектива (при смене объектива).

5. Исследование глубины резкости

- Приготовьте препарат с объектом, имеющим рельеф (например, частицы пыли на разной высоте).
- Сфокусируйтесь на средней плоскости и отметьте, на какой глубине объекты остаются резкими.
- Измените апертурную диафрагму конденсора (закройте её) и снова оцените глубину резкости.
- Объясните влияние апертуры на глубину резкости.

6. Иммерсионная микроскопия (при наличии иммерсионного объектива)

- Нанесите каплю иммерсионной жидкости на препарат и опустите иммерсионный объектив.
- Сравните качество изображения с сухим объективом того же увеличения.
- Рассчитайте числовую апертуру и разрешение иммерсионного объектива.
- Объясните, почему иммерсия улучшает разрешение.

7. Изучение влияния диафрагмы конденсора на контраст и разрешение

- При слабом освещении закройте апертурную диафрагму конденсора.
- Наблюдайте изменение контраста и резкости изображения.
- Откройте диафрагму полностью и снова оцените изображение.
- Сделайте вывод о роли диафрагмы.

Содержание отчёта

1. Номер и название работы, цель, оборудование.
2. Схема хода лучей в микроскопе с пояснениями.
3. Графическое построение изображения (в масштабе).
4. Таблицы с экспериментальными данными (измерения увеличения, поля зрения, глубины резкости).
5. Расчёт увеличения и разрешения.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод по работе.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Физические основы формирования изображения в микроскопе: дифракция, интерференция, роль волновой природы света.
2. Разрешающая способность микроскопа: критерий Рэлея, дифракционный предел, числовая апертура.
3. Способы повышения разрешения в оптической микроскопии: иммерсия, конфокальная микроскопия, методы суперразрешения (STED, STORM, PALM).
4. Устройство и принцип работы оптического микроскопа: ход лучей, объектив, окуляр, конденсор.
5. Методы повышения контраста в оптической микроскопии: фазовый контраст, тёмное поле, дифференциально-интерференционный контраст.
6. Флуоресцентная микроскопия: принцип, флуорофоры, применение, двухфотонная микроскопия.
7. Физические основы растровой электронной микроскопии (РЭМ): источники электронов, взаимодействие электронов с веществом.

8. Типы сигналов в РЭМ: вторичные электроны, обратнорассеянные электроны, характеристическое рентгеновское излучение, катодolumинесценция.
9. Методы микроанализа в РЭМ: энергодисперсионная и волнодисперсионная рентгеновская спектроскопия.
10. Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ): формирование изображения, светлопольный и темнопольный режимы.
11. Электронная дифракция в ПЭМ: получение дифракционных картин, индифференцирование, применение для анализа кристаллической структуры.
12. Высокорастворяющая ПЭМ: визуализация атомной структуры, анализ дефектов кристаллической решётки.
13. Сканирующая зондовая микроскопия: общие принципы, пьезоэлектрические сканеры, системы обратной связи.
14. Атомно-силовая микроскопия (АСМ): режимы работы (контактный, полуконтактный, бесконтактный), получение топографии.
15. Модификации сканирующей зондовой микроскопии: магнитно-силовая, электросиловая, Кельвин-зонд микроскопия.
16. Трёхмерная микроскопия и томография: принципы томографической реконструкции, электронная томография, фокусированная ионно-лучевая томография.
17. Методы подготовки образцов для оптической и электронной микроскопии: фиксация, обезвоживание, заливка, ультрамикротомия, напыление проводящих покрытий.
18. Метрология в микроскопии: калибровка микроскопов, стандартные образцы, оценка точности измерений, неопределённость.
19. Контроль качества микроскопических исследований: воспроизводимость, разрешение, контраст, документация.
20. Современные тенденции в микроскопии: in-situ микроскопия, крио-электронная микроскопия, интеллектуальная микроскопия с применением искусственного интеллекта.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повыш	Творческая	Включает	отлично	зачтен	86-100

енный	деятельность	нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий		о	
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Рыбин, Н. Б. Методы зондовой микроскопии: учебное пособие / Н. Б. Рыбин [и др.]. – Рязань: РГРТУ, 2014. – 48 с. – Текст: электронный. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168082>

Дополнительная литература:

1. Александров, С. Е. Методы и приборы для анализа и диагностики наночастиц и наноматериалов. Сканирующая зондовая микроскопия: учебное пособие / С. Е. Александров, А. Б. Спешилова; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – Текст: электронный. – URL: <https://elibrary.spbstu.ru/dl/2/s20-490.pdf>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elibrary.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

Специализированное:

- DigitalMicrograph: управление электронными микроскопами и анализ данных ПЭМ и STEM
- Dragonfly: трёхмерная визуализация, томографическая реконструкция и анализ объёмных данных
- MountainsSPIP: анализ данных атомно-силовой микроскопии и профилометрии поверхности

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Функциональные наноматериалы. Виды и свойства».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о классификации, структуре, физико-химических и функциональных свойствах наноматериалов, а также освоение подходов к их целенаправленному дизайну и применению в наукоёмких технологических процессах и приборостроении.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-химические основы функциональных свойств наноматериалов, их классификацию, структурные особенности, механизмы синтеза и методы модификации интерфейсов; оборудование для контроля и измерения параметров наноматериалов, а также методы испытаний для подтверждения их свойств. Уметь: работать с конструкторской документацией и 3D-моделями, учитывая специфику наноматериалов и требования технологичности; применять оборудование для контроля и измерения свойств наноматериалов, анализировать полученные данные; разрабатывать технологическую документацию на основе результатов испытаний наноматериалов. Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской документации с учётом свойств наноматериалов; методами проведения испытаний наноматериалов и обработки их результатов; приёмами работы с контрольно-измерительным оборудованием для диагностики наноматериалов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Функциональные наноматериалы. Виды и свойства» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в функциональные наноматериалы	Классификация функциональных наноматериалов, размерные эффекты, связь структуры и свойств, области применения в электронике, энергетике, фотонике, сенсорике и биомедицине.
2.	Структура и архитектура наноматериалов	Нульмерные, одномерные, двумерные и трёхмерные наноструктуры, нанокompозиты, пористые материалы, иерархические структуры и метаматериалы.
3.	Фундаментальные механизмы функциональных свойств	Квантовое ограничение, поверхностная энергия, дефекты кристаллической структуры, межфазные явления, транспорт носителей заряда и тепла, масштабные эффекты в наноматериалах.
4.	Методы синтеза и самосборки наноматериалов	Bottom-up и top-down подходы, химический синтез, осаждение из газовой фазы, гидротермальные методы, самосборка, управление морфологией и функциональными свойствами.
5.	Интерфейсы и гетероструктуры	Межфазные границы, поверхностная инженерия, тонкие плёнки, многослойные системы, гетероструктуры и их влияние на функциональные характеристики материалов.
6.	Функциональные классы наноматериалов	Электронные, магнитные, фотонные, каталитические, пьезоэлектрические, термоэлектрические и биофункциональные наноматериалы.
7.	Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов	Окисление, агрегация, старение, радиационная устойчивость, токсикология наноматериалов, биосовместимость, оценка рисков и методы обеспечения безопасности.
8.	Современные направления	Графен, MXenes, переходные дихалькогениды

	развития наноматериалов	металлов, двумерные материалы, программируемые материалы, наноструктуры для квантовых технологий и искусственного интеллекта.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в функциональные наноматериалы.

Вопросы для обсуждения: Определение и классификация наноматериалов по размерности и составу. Функциональные свойства наноматериалов. Области применения в наукоёмких производствах.

Тема 2: Структура и архитектура наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Кристаллическая и аморфная структура нанообъектов. Дефекты и их роль. Нульмерные, одномерные и двумерные наноматериалы. Мультислойные иерархические структуры.

Тема 3: Фундаментальные механизмы функциональных свойств.

Вопросы для обсуждения: Размерные эффекты и квантовое ограничение. Поверхностные явления и высокая удельная поверхность. Плазмонные резонансы в металлических наночастицах. Туннельные эффекты и одноэлектронное поведение. Суперпараметризм магнитных наночастиц.

Тема 4: Методы синтеза и самосборки наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Физические методы синтеза. Химические методы синтеза. Самосборка и шаблонный синтез. Контроль размера и формы наночастиц.

Тема 5: Интерфейсы и гетероструктуры.

Вопросы для обсуждения: Роль границ раздела в нанокompозитах. Гетеропереходы и их применение. Наночастицы типа ядро-оболочка. Эффект интерфейсного переноса заряда.

Тема 6: Функциональные классы наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Оптические наноматериалы. Электрические и электрохимические наноматериалы. Магнитные наночастицы. Каталитические наноматериалы. Биосовместимые и полимерные наноматериалы.

Тема 7: Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Механизмы старения наноматериалов. Методы ускоренных испытаний. Токсичность наночастиц. Нормативные требования и стандарты безопасности.

Тема 8: Современные направления развития наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Метаматериалы и плазмонные структуры. Нанопотоника. Двумерные материалы. Нанопористые структуры для хранения энергии. Перовскитные наноматериалы для солнечной энергетики. Биогибридные наноматериалы.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение в функциональные наноматериалы.

Вопросы для обсуждения: Классификация образцов наноматериалов по размерности. Подбор областей применения для конкретных примеров. Работа с базами данных по наноматериалам.

Тема 2: Структура и архитектура наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Анализ электронных микрофотографий различных наноструктур. Расчёт удельной поверхности наночастиц. Определение типа наноматериала по описанию.

Тема 3: Фундаментальные механизмы функциональных свойств.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетических уровней в квантовой точке. Анализ зависимости цвета наночастиц золота от размера.

Тема 4: Методы синтеза и самосборки наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Выбор метода синтеза для заданных параметров. Сравнение преимуществ и недостатков различных методов.

Тема 5: Интерфейсы и гетероструктуры.

Вопросы для обсуждения: Построение диаграмм энергетических зон для гетероперехода.

Анализ свойств частиц типа ядро-оболочка. Роль интерфейсов в композитных материалах.

Тема 6: Функциональные классы наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Подбор наноматериала для заданного применения.

Тема 7: Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Анализ результатов ускоренных испытаний. Оценка рисков при работе с нанопорошками. Разработка протокола безопасной работы.

Тема 8: Современные направления развития наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Чтение и обсуждение научных статей по новым наноматериалам. Групповые проекты по дизайну наноматериала для перспективной задачи.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в функциональные наноматериалы. Структура и архитектура наноматериалов. Фундаментальные механизмы функциональных свойств. Методы синтеза и самосборки наноматериалов. Интерфейсы и гетероструктуры. Функциональные классы наноматериалов. Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов. Современные направления развития наноматериалов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Классификация наноматериалов. Расчёт удельной поверхности. Анализ электронных микрофотографий. Расчёт энергетических уровней в квантовых точках. Выбор метода синтеза. Построение зонных диаграмм гетеропереходов. Подбор наноматериала для заданного применения. Оценка безопасности наноматериалов. Анализ научных статей.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация и свойства наноматериалов. Размерные эффекты и квантовое ограничение. Методы синтеза наноматериалов. Интерфейсы и гетероструктуры. Функциональные классы наноматериалов. Надёжность и деградация. Безопасность наноматериалов. Перспективные направления нанотехнологий.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал

прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в функциональные наноматериалы	ПК-2	Тестирование
Структура и архитектура наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Фундаментальные механизмы функциональных свойств	ПК-2	Тестирование
Методы синтеза и самосборки наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Интерфейсы и гетероструктуры	ПК-2	Тестирование
Функциональные классы наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Современные направления развития наноматериалов	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в функциональные наноматериалы»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Что такое наноматериалы?**
 - а) Материалы, содержащие наночастицы любого происхождения
 - б) Материалы, имеющие характерный размер структуры от 1 до 100 нм
 - в) Материалы с размером кристаллитов менее 1 мкм
 - г) Все материалы, полученные с использованием нанотехнологий
2. **Какое из перечисленных свойств относится к функциональным свойствам наноматериалов?**
 - а) Плотность
 - б) Теплоёмкость
 - в) Плазмонный резонанс
 - г) Электропроводность
3. **Как называется эффект, проявляющийся в изменении оптических свойств наночастиц при уменьшении их размера?**
 - а) Квантовое ограничение
 - б) Суперпараметризм
 - в) Поверхностный плазмонный резонанс
 - г) Интерференция
4. **К какому классу по размерности относятся квантовые точки?**
 - а) Двумерные
 - б) Нульмерные
 - в) Одномерные
 - г) Трёхмерные
5. **Какая структура характерна для графена?**
 - а) Нульмерная
 - б) Одномерная
 - в) Двумерная
 - г) Трёхмерная
6. **Какой метод синтеза относится к физическим?**
 - а) Золь-гель
 - б) Гидротермальный
 - в) Лазерная абляция
 - г) CVD (химическое осаждение из газовой фазы)
7. **Почему наночастицы золота могут иметь красный, синий или фиолетовый цвет?**
 - а) Из-за различного химического состава
 - б) Из-за различного размера и формы, что влияет на плазмонный резонанс
 - в) Из-за различной кристаллической решётки
 - г) Из-за различной температуры синтеза
8. **Что такое суперпараметризм?**
 - а) Свойство наночастиц проявлять высокую электропроводность
 - б) Свойство малых магнитных наночастиц не иметь остаточной намагниченности при комнатной температуре
 - в) Способность наночастиц к самосборке
 - г) Эффект туннелирования электронов
9. **Какая основная причина высокой химической активности наночастиц?**
 - а) Малая масса
 - б) Высокая удельная поверхность
 - в) Квантовая природа
 - г) Дефекты кристаллической решётки
10. **Что такое углеродные нанотрубки?**
 - а) Одномерный наноматериал, свёрнутый из графенового листа

- б) Нульмерный наноматериал из атомов углерода
 - в) Двумерный наноматериал на основе графита
 - г) Трёхмерный пористый материал
11. **Какой наноматериал обладает наибольшей теплопроводностью?**
 - а) Квантовые точки
 - б) Фуллерены
 - в) Графен
 - г) Нанопористый кремний
 12. **Какое явление лежит в основе работы квантово-точечных солнечных элементов?**
 - а) Фотоэффект на поверхности
 - б) Многократное возбуждение экситонов
 - в) Термоэлектрический эффект
 - г) Плазмонное усиление
 13. **Какое из утверждений о наноматериалах верно?**
 - а) Все наноматериалы являются токсичными
 - б) Свойства наноматериалов существенно зависят от их размера
 - в) Наноматериалы всегда имеют кристаллическую структуру
 - г) Наноматериалы не встречаются в природе
 14. **Что такое функциональные наноматериалы?**
 - а) Наноматериалы, обладающие определёнными полезными свойствами для применения в устройствах
 - б) Только магнитные наноматериалы
 - в) Наноматериалы, используемые в медицине
 - г) Наноматериалы, полученные биологическими методами
 15. **Какое из перечисленных применений характерно для магнитных наночастиц?**
 - а) Адресная доставка лекарств
 - б) Оптические волокна
 - в) Солнечные батареи
 - г) Водородные топливные элементы

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение наноматериалам. Каков размерный диапазон и основные классификации наноматериалов (по размерности, составу, происхождению)?
2. Что такое функциональные наноматериалы? Приведите примеры их применения в наукоёмких производствах.
3. Охарактеризуйте нульмерные, одномерные и двумерные наноматериалы. Приведите примеры каждого типа.
4. Объясните, что такое квантовое ограничение и как оно влияет на электронные и оптические свойства наноматериалов.
5. Почему с уменьшением размера частиц увеличивается их удельная поверхность? Как это влияет на химическую активность и каталитические свойства?
6. Что такое поверхностный плазмонный резонанс? На примере наночастиц золота поясните зависимость плазмонного пика от размера и формы.
7. Какие магнитные свойства характерны для наночастиц? Дайте определение суперпарамагнетизма и объясните его происхождение.
8. Перечислите основные физические методы синтеза наноматериалов (испарение-конденсация, лазерная абляция, магнетронное распыление). В чём их преимущества и ограничения?
9. Охарактеризуйте химические методы синтеза (золь-гель, гидротермальный, CVD, PVD). Какие параметры контролируют размер и морфологию наночастиц?

10. Что такое самосборка наноматериалов? В чём отличие «снизу-вверх» от «сверху-вниз» подходов?
11. Роль интерфейсов в нанокompозитах. Как границы раздела влияют на механические, электрические и тепловые свойства?
12. Что такое гетероструктуры и наночастицы типа «ядро-оболочка»? Приведите примеры их применения в оптоэлектронике и биомедицине.
13. Охарактеризуйте оптические наноматериалы (квантовые точки, наноалмазы, люминофоры). В чём их преимущества перед традиционными люминофорами?
14. Какие наноматериалы используются в электрохимических устройствах (суперконденсаторах, литий-ионных аккумуляторах)? Объясните роль нанопористых структур.
15. Что такое графен и его производные? Какие уникальные электрические и механические свойства делают его перспективным материалом?
16. Назовите основные механизмы деградации наноматериалов (окисление, агрегация, диффузия). Какие методы ускоренных испытаний используются для оценки их надёжности?
17. Каковы потенциальные риски для здоровья и окружающей среды, связанные с наноматериалами? Какие нормативные документы регулируют безопасность наноматериалов?
18. Что такое метаматериалы и плазмонные структуры? Какие необычные электромагнитные свойства они проявляют (отрицательный показатель преломления, сверхразрешение)?
19. Назовите современные направления в области наноматериалов для энергетики (перовскитные солнечные элементы, материалы для водородной энергетики, термоэлектрики).
20. Опишите перспективы использования двумерных материалов (дихалькогениды переходных металлов, MXene) и биогибридных наноматериалов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе	отлично	зачтено	86-100

		изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы: учебное пособие для вузов / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин; под ред. Ю. Д. Третьякова. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 452 с. — ISBN 978-5-9221-1120-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59578>
2. Квеглис, Л. И. Физика металлов как основа создания металлических наноматериалов: учебное пособие / Л. И. Квеглис; Сибирский федеральный университет. — Красноярск: СФУ, 2019. — 116 с. — ISBN 978-5-7638-4104-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=379872>

Дополнительная литература:

1. Поленов, Ю. В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник для вузов / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2026. — 180 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-507-47069-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125699>
2. Лукьянов, Г. Н. Наноматериалы и нанотехнологии: учебное пособие / Г. Н. Лукьянов. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 536 с. — (Среднее профессиональное образование). — ISBN 978-5-8114-5758-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и

промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Синтез наноматериалов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-химических основах, методах и технологиях синтеза наноматериалов, а также практических навыков проектирования процессов получения наноструктур и использования современного аналитического оборудования для их характеристики применительно к задачам прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физико-химические основы формирования наноструктур, технологические методы синтеза (химические, супрамолекулярные, физические, вакуумные) и методы характеристики наноматериалов, необходимые для обоснованного выбора материалов и технологических решений при разработке конструкторской документации, а также принципы рационального использования ресурсов. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию на изделия с применением инженерных знаний о синтезе наноматериалов и учитывать требования технологичности; работать с 3D-моделями, строить на их основе расчётные модели в САЕ-системах, используя экспериментальные данные о структуре и свойствах наноматериалов, полученных при синтезе. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей с учётом особенностей наноматериалов (размерные эффекты, интерфейсы, дефекты); методами проведения стационарных и нестационарных расчётов (тепловых, механических, диффузионных) в САЕ-

		системах для оценки поведения изделий из наноматериалов на основе данных характеристики.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Синтез наноматериалов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы синтеза наноматериалов	Классификация наноматериалов, размерные эффекты, наноструктурные состояния вещества, взаимосвязь состава, структуры и свойств, роль синтеза в формировании функциональных характеристик материалов.
2.	Физико-химические основы формирования наноструктур	Термодинамика и кинетика образования нанофаз, механизмы зародышеобразования и роста, поверхностная энергия, межфазные границы, процессы агрегации и стабилизации наночастиц.
3.	Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов	Золь-гель технологии, осаждение из растворов, гидротермальный и сольвотермальный синтез, микроэмульсионные методы, самосборка наноструктур, супрамолекулярная химия и bottom-up подходы к созданию функциональных наноматериалов.
4.	Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов	Физическое и химическое осаждение из паровой фазы, молекулярно-лучевая эпитаксия, магнетронное распыление, лазерная абляция, плазменные методы, механохимический синтез и технологии формирования тонких пленок.

5.	Проектирование процессов синтеза наноматериалов	Выбор прекурсоров, управление параметрами синтеза, масштабирование технологий, цифровое проектирование процессов, обеспечение воспроизводимости и устойчивости технологических маршрутов.
6.	Методы анализа и характеристики наноматериалов	Рентгеновская дифракция, электронная и сканирующая зондовая микроскопия, спектроскопические методы, анализ морфологии, структуры, фазового состава и функциональных свойств наноматериалов.
7.	Практическая реализация технологий синтеза	Лабораторные и промышленные технологии получения наноматериалов, реакторные системы, вопросы масштабирования, технологические ограничения и промышленная интеграция.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы синтеза наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ преимуществ и ограничений различных стратегий синтеза. Обзор современных тенденций в получении наноструктур для наукоёмких производств.

Тема 2: Физико-химические основы формирования наноструктур

Вопросы для обсуждения: Термодинамика наносистем: поверхностная энергия и её влияние на стабильность наночастиц. Кинетика зародышеобразования: гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Роль диффузии и массопереноса в росте наночастиц.

Тема 3: Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Метод соосаждения и микроэмульсионный синтез. Супрамолекулярная химия и темплатный синтез. Прямое химическое восстановление металлов.

Тема 4: Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Магнетронное распыление и термическое испарение в вакууме. Молекулярно-пучковая эпитаксия и её возможности.

Тема 5: Проектирование процессов синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Выбор метода синтеза в зависимости от требуемого материала, размера, формы и свойств. Масштабирование лабораторных методов до промышленного уровня. Факторы, влияющие на воспроизводимость и однородность наночастиц.

Тема 6: Методы анализа и характеристики наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Микроскопические методы: электронная и зондовая микроскопия для определения размера, формы и структуры.

Тема 7: Практическая реализация технологий синтеза

Вопросы для обсуждения: технологические схемы синтеза наноматериалов в лабораторных условиях. Оборудование для синтеза: реакторы, печи, вакуумные установки.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Основы синтеза наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Анализ литературных данных по методам синтеза заданного наноматериала. Классификация методов по типу воздействия и агрегатному состоянию реагентов.

Тема 2: Физико-химические основы формирования наноструктур

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического размера зародыша для заданной системы. Построение графиков зависимости скорости зародышеобразования от пересыщения. Оценка влияния температуры на размер наночастиц.

Тема 3: Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Разработка лабораторной методики синтеза наночастиц оксида цинка золь-гель методом. Подбор стабилизаторов для предотвращения агрегации.

Тема 4: Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ физических методов с точки зрения чистоты продукта и энергозатрат.

Тема 5: Проектирование процессов синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Составление технологической карты синтеза наноматериала для заданных технических требований (размер, форма, состав, однородность). Оценка рисков и неопределённостей процесса.

Тема 6: Методы анализа и характеристики наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Обработка данных спектроскопии и микроскопии. Сравнение результатов, полученных разными методами.

Тема 7: Практическая реализация технологий синтеза

Вопросы для обсуждения: Планирование эксперимента по синтезу наноматериала с варьированием ключевых параметров

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Основы синтеза наноматериалов	Ознакомление с оборудованием и техникой безопасности при синтезе наноматериалов
2.	Физико-химические основы формирования наноструктур	Исследование влияния концентрации реагентов на размер наночастиц
3.	Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов	Синтез наночастиц серебра методом химического восстановления
4.	Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов	Получение тонких плёнок оксида цинка методом магнетронного распыления
5.	Проектирование процессов синтеза наноматериалов	Расчёт материального и теплового баланса процесса синтеза наночастиц
6.	Методы анализа и характеристики наноматериалов	Определение размера наночастиц методом динамического рассеяния света
7.	Практическая реализация технологий синтеза	Синтез квантовых точек CdSe и исследование их оптических свойств

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы синтеза наноматериалов. Физико-химические основы формирования наноструктур. Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов. Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов. Проектирование процессов синтеза наноматериалов. Методы анализа и характеристики наноматериалов. Практическая реализация технологий синтеза.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ литературных данных по методам синтеза. Расчёт критического размера зародыша и скорости зародышеобразования. Разработка лабораторной методики синтеза. Сравнительный анализ физических методов синтеза. Составление технологической карты синтеза. Интерпретация дифрактограмм и спектроскопических данных. Планирование эксперимента по синтезу наноматериалов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация методов синтеза. Термодинамика и кинетика формирования наноструктур. Химические методы получения наночастиц. Физические и вакуумные технологии. Проектирование процессов синтеза. Методы характеристики наноматериалов. Масштабирование и практическая реализация.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы)	Индекс	Оценочные средства по

дисциплины	контролируемой компетенции (или ее части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы синтеза наноматериалов	ПК-1	Тестирование
Физико-химические основы формирования наноструктур	ПК-1	Тестирование
Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов	ПК-1	Тестирование
Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов	ПК-1	Тестирование
Проектирование процессов синтеза наноматериалов	ПК-1	Тестирование
Методы анализа и характеристики наноматериалов	ПК-1	Тестирование
Практическая реализация технологий синтеза	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Основы синтеза наноматериалов»

- Что из перечисленного относится к наноматериалам?**
 - Материалы с размером структурных элементов от 1 до 100 нм
 - Все материалы, полученные с использованием нанотехнологий
 - Материалы, содержащие хотя бы один наноразмерный компонент
 - Материалы, обладающие уникальными свойствами независимо от размера
- Какой подход к синтезу наноматериалов предполагает создание структур из атомов или молекул?**
 - «Сверху-вниз»
 - «Снизу-вверх»
 - Литографический
 - Механосинтез
- Какое явление является движущей силой роста наночастиц при зародышеобразовании?**
 - Снижение поверхностной энергии
 - Увеличение объёмной энергии
 - Повышение температуры
 - Уменьшение давления
- Что такое критический размер зародыша в нуклеации?**
 - Минимальный размер стабильного зародыша новой фазы
 - Максимальный размер нестабильного зародыша
 - Размер, при котором скорость роста максимальна
 - Размер, при котором зародыш растворяется
- Какой параметр в первую очередь определяет монодисперсность наночастиц?**
 - Температура синтеза
 - Однородность условий зародышеобразования и разделение стадий нуклеации и роста
 - Давление в реакторе
 - Время синтеза
- Какое из перечисленных требований является основным при выборе метода синтеза наноматериалов?**

- а) Минимальная стоимость оборудования
 - б) Возможность контроля размера, формы и состава частиц
 - в) Максимальная производительность
 - г) Простота масштабирования
7. **Что такое «травление» в контексте подхода «сверху-вниз»?**
- а) Химическое или физическое удаление материала с поверхности для создания наноструктур
 - б) Осаждение атомов из газовой фазы
 - в) Сборка молекул в наночастицы
 - г) Синтез в растворе
8. **К какому типу методов относится золь-гель технология?**
- а) Физические методы
 - б) Химические методы
 - в) Вакуумные методы
 - г) Литографические методы
9. **Почему при синтезе наночастиц часто используют стабилизаторы (каппагенты)?**
- а) Для ускорения химической реакции
 - б) Для предотвращения агрегации и контроля роста частиц
 - в) Для повышения температуры реакции
 - г) Для увеличения концентрации реагентов
10. **Какой метод синтеза позволяет получать наночастицы с наиболее узким распределением по размерам?**
- а) Механическое измельчение
 - б) Золь-гель метод без стабилизаторов
 - в) Синтез в микроэмульсиях или с использованием темплатов
 - г) Лазерная абляция
11. **Что такое легирование наноматериалов?**
- а) Удаление примесей из наночастиц
 - б) Введение контролируемого количества атомов другого элемента для изменения свойств
 - в) Нанесение защитного покрытия
 - г) Спекание наночастиц
12. **Какое оборудование используется для синтеза наночастиц методом лазерной абляции?**
- а) Печь сопротивления
 - б) Импульсный лазер и вакуумная камера
 - в) Реактор с мешалкой
 - г) Магнетронная распылительная система
13. **Что происходит с температурой плавления наночастиц по сравнению с массивным материалом?**
- а) Температура плавления повышается
 - б) Температура плавления понижается
 - в) Температура плавления не изменяется
 - г) Зависит от метода синтеза
14. **Какое из утверждений о синтезе углеродных нанотрубок верно?**
- а) Они не могут быть получены химическими методами
 - б) Дуговой разряд и CVD являются основными методами синтеза
 - в) Синтез возможен только при сверхвысоких давлениях
 - г) Нанотрубки всегда получают с одинаковым диаметром
15. **Что такое масштабирование синтеза наноматериалов?**
- а) Увеличение размера получаемых наночастиц
 - б) Переход от лабораторного синтеза к промышленному производству с сохранением свойств

- в) Уменьшение времени реакции
- г) Синтез наноматериалов с использованием наноразмерных шаблонов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Определение наноматериалов. Классификация по размерности и составу. Основные подходы к синтезу: «снизу-вверх» и «сверху-вниз».
2. Термодинамика наносистем: поверхностная энергия и её влияние на стабильность наночастиц. Роль поверхностной энергии в процессах синтеза.
3. Кинетика зародышеобразования: гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Критический размер зародыша и энергетический барьер.
4. Факторы, влияющие на морфологию и дисперсность наночастиц. Контроль размера и формы при синтезе.
5. Золь-гель метод: стадии процесса, преимущества, недостатки, влияние параметров на размер и структуру наночастиц.
6. Гидротермальный и сольвотермальный синтез наноматериалов. Области применения, достоинства и ограничения.
7. Метод соосаждения и микроэмульсионный синтез. Условия получения монодисперсных наночастиц.
8. Супрамолекулярная химия и темплатный синтез. Использование матриц для формирования наноструктур.
9. Прямое химическое восстановление металлов. Получение наночастиц благородных металлов.
10. Физические методы синтеза: испарение-конденсация в инертной атмосфере. Параметры процесса и размер получаемых частиц.
11. Лазерная абляция и плазменное распыление: принципы, оборудование, характеристики наноматериалов.
12. Магнетронное распыление и термическое испарение в вакууме. Получение тонких плёнок и наноструктур.
13. Молекулярно-пучковая эпитаксия как метод создания наноструктур с атомной точностью.
14. Дуговой разряд для синтеза углеродных нанотрубок и фуллеренов. Основные параметры и особенности.
15. Проектирование процессов синтеза: выбор метода в зависимости от требований к материалу, размеру, форме и свойствам.
16. Масштабирование лабораторных методов синтеза до промышленного уровня: основные проблемы и пути решения (воспроизводимость, однородность, производительность).
17. Экономическая эффективность и энергозатраты различных технологий синтеза наноматериалов.
18. Микроскопические методы характеристики: электронная и зондовая микроскопия. Определение размера, формы и структуры наночастиц.
19. Спектроскопические методы анализа: УФ-видимая, ИК-спектроскопия, комбинационное рассеяние. Применение для идентификации состава и свойств.
20. Дифракционные методы (рентгеновская дифракция). Определение фазового состава, размера кристаллитов.
21. Определение удельной поверхности и пористости наноматериалов. Анализ элементного состава.
22. Технологические схемы синтеза наноматериалов в лабораторных условиях: реакторы, печи, вакуумные установки.
23. Контроль ключевых параметров синтеза (температура, давление, время, концентрация, pH) и их влияние на качество наноматериалов.
24. Примеры практической реализации синтеза конкретных наноматериалов (оксиды металлов, квантовые точки, углеродные нанотрубки, магнитные наночастицы).

25. Экологические аспекты синтеза наноматериалов: утилизация отходов, безопасность персонала, требования к чистоте и замкнутости технологических циклов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать	хорошо		71-85

		практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Пряхин, Е. И. Наноматериалы и нанотехнологии: учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 372 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-507-46915-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323648>
2. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы: учебное пособие для вузов / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин; под ред. Ю. Д. Третьякова. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 452 с. — ISBN 978-5-9221-1120-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59578>

Дополнительная литература:

1. Соловов, Р. Д. Синтез и исследование наночастиц и наноматериалов: практикум / Р. Д. Соловов, В. В. Орличеня. — Москва: РТУ МИРЭА, 2023. — 141 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/398393>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Дифракционные методы исследования».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических основах дифракционных методов анализа, а также практических навыков их применения для определения кристаллической структуры, фазового состава, текстуры и дефектов материалов, используемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические основы, аппаратное обеспечение и методологию дифракционных методов исследования материалов, а также требования к конструкторской и технологической документации при организации испытаний с применением дифракционного анализа. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении дифракционных испытаний, применять специальное дифракционное оборудование, а также составлять программы испытаний, включающие дифракционные методы контроля качества. Владеть: навыками работы с документацией в процессе подготовки и проведения дифракционных испытаний, методами эксплуатации и калибровки дифракционного оборудования, а также приёмами обработки и интерпретации дифракционных данных для оформления заключений о соответствии материалов технической документации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифракционные методы исследования» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в дифракционные методы исследования	Физическая природа дифракции, роль дифракционных методов в материаловедении, физике твёрдого тела, химии и нанотехнологиях, классификация методов структурного анализа.
2.	Теоретические основы дифракции и рассеяния	Волновая природа излучения, интерференция и дифракция, уравнение Брэгга, сфера Эвальда, обратная решётка, структурный фактор, кинематическая и динамическая теория дифракции.
3.	Кристаллография и современные структурные модели материалов	Кристаллические решётки, пространственные группы, индексы Миллера, дефекты структуры, нанокристаллические материалы, квазикристаллы, апериодические и модулированные структуры.
4.	Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции	Рентгеновские трубки, синхротроны 3–4 поколения, XFEL, нейтронные источники, электронная дифракция, детекторы и современные дифрактометрические комплексы.
5.	Методология дифракционного эксперимента и sample environment	Подготовка образцов, геометрия измерений, порошковая и монокристаллическая дифракция, in situ и operando методы, криостаты, ячейки высокого давления, нагрев и механическое нагружение.
6.	Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ	Фазовый анализ, количественный анализ, определение параметров решётки, размер кристаллитов, микродеформации, текстура, метод

		Ритвельда и уточнение структур.
7.	Практическое применение дифракционных методов	Металлы и сплавы, керамики, полимеры, композиты, фармацевтические материалы, катализаторы, энергетические и полупроводниковые системы.
8.	Контроль качества и обработка дифракционных данных	Калибровка приборов, источники ошибок, статистическая обработка, оценка неопределённостей, верификация структурных моделей и воспроизводимость экспериментов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в дифракционные методы исследования.

Вопросы для обсуждения: Определение дифракции и её роль в исследовании материалов. Типы излучения, применяемые в дифракционных методах: рентгеновское, электроны, нейтроны. Основные задачи дифракционного анализа в наукоёмких производствах.

Тема 2: Теоретические основы дифракции и рассеяния

Вопросы для обсуждения: Интерференция волн, рассеянных кристаллической решёткой. Понятие обратной решётки и её связь с дифракционной картиной. Интенсивность дифракционных максимумов и структурный фактор.

Тема 3: Кристаллография и современные структурные модели материалов

Вопросы для обсуждения: Основные понятия кристаллографии: элементарная ячейка, сингонии, пространственные группы. Влияние дефектов кристаллической решётки на дифракционную картину. Особенности дифракционных спектров аморфных и поликристаллических материалов.

Тема 4: Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции

Вопросы для обсуждения: Источники рентгеновского излучения: рентгеновские трубки, синхротроны. Генерация электронов и нейтронов для дифракции. Монохроматоры и фильтры.

Тема 5: Методология дифракционного эксперимента и sample environment

Вопросы для обсуждения: Подготовка образцов для дифракционного анализа. Выбор геометрии съёмки. Влияние температуры, давления, окружающей среды на результаты.

Тема 6: Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ

Вопросы для обсуждения: Сущность порошковой дифракции и получение дифрактограммы. Идентификация фаз по эталонным базам данных. Качественный и количественный фазовый анализ.

Тема 7: Практическое применение дифракционных методов

Вопросы для обсуждения: Анализ остаточных напряжений и текстуры. Мониторинг фазовых превращений при термообработке.

Тема 8: Контроль качества и обработка дифракционных данных

Вопросы для обсуждения: Оценка точности и воспроизводимости дифракционных измерений.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение в дифракционные методы исследования.

Вопросы для обсуждения: Ознакомление с рабочим местом рентгеновского дифрактометра. Техника безопасности при работе с рентгеновским излучением. Получение дифрактограммы эталонного образца.

Тема 2: Теоретические основы дифракции и рассеяния

Вопросы для обсуждения: Расчёт межплоскостных расстояний по углам дифракции. Индексирование дифракционных максимумов.

Тема 3: Кристаллография и современные структурные модели материалов

Вопросы для обсуждения: Построение модели кристаллической решётки по набору дифракционных отражений. Идентификация сингонии по рентгенограмме. Определение систематических погасаний.

Тема 4: Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции

Вопросы для обсуждения: Настройка дифрактометра. Выбор режимов съёмки. Запись дифрактограммы неизвестного образца.

Тема 5: Методология дифракционного эксперимента и sample environment

Вопросы для обсуждения: Подготовка порошкового образца для съёмки. Использование держателей и капилляров.

Тема 6: Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ

Вопросы для обсуждения: Идентификация фаз в многофазном образце с использованием программного обеспечения. Построение концентрационной зависимости параметров решётки для твёрдых растворов.

Тема 7: Практическое применение дифракционных методов

Вопросы для обсуждения: Интерпретация дифрактограмм для реальных производственных ситуаций.

Тема 8: Контроль качества и обработка дифракционных данных

Вопросы для обсуждения: Количественный фазовый анализ методом внутреннего стандарта. Оценка достоверности результатов.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Введение в дифракционные методы исследования	Ознакомление с устройством рентгеновского дифрактометра и правилами техники безопасности
2.	Теоретические основы дифракции и рассеяния	Определение межплоскостных расстояний и параметров элементарной ячейки по дифрактограмме эталонного образца
3.	Кристаллография и современные структурные модели материалов	Построение модели кристаллической решётки и идентификация сингонии по набору дифракционных отражений
4.	Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции	Настройка режимов съёмки и запись дифрактограммы неизвестного порошкового образца
5.	Методология дифракционного эксперимента и sample environment	Влияние размера частиц и способа подготовки образца на качество дифрактограммы
6.	Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ	Качественный и количественный фазовый анализ многофазного образца с использованием баз данных
7.	Практическое применение дифракционных методов	Определение остаточных напряжений и текстуры в деформированном металлическом образце

8.	Контроль качества и обработка дифракционных данных	Обработка профиля дифрактограммы для расчёта размера кристаллитов и микронапряжений

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в дифракционные методы исследования. Теоретические основы дифракции и рассеяния. Кристаллография и современные структурные модели материалов. Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции. Методология дифракционного эксперимента и sample environment. Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ. Практическое применение дифракционных методов. Контроль качества и обработка дифракционных данных.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт межплоскостных расстояний и параметров элементарной ячейки. Индексирование дифракционных максимумов. Определение сингонии по рентгенограмме. Идентификация фаз по эталонным базам данных. Количественный фазовый анализ методом внутреннего стандарта. Расчёт размера кристаллитов и микронапряжений по профилю дифрактограммы.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы дифракции. Кристаллографические понятия и сингонии. Устройство и принцип работы дифрактометра. Подготовка образцов и методология эксперимента. Качественный и количественный фазовый анализ. Метод Ритвельда. Определение параметров решётки и размера кристаллитов. Применение дифракционных методов в материаловедении и контроле качества.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем

дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в дифракционные методы исследования	ПК-3	Тестирование
Теоретические основы дифракции и рассеяния	ПК-3	Тестирование
Кристаллография и современные структурные модели материалов	ПК-3	Тестирование
Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции	ПК-3	Тестирование
Методология дифракционного эксперимента и sample environment	ПК-3	Тестирование
Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ	ПК-3	Тестирование
Практическое применение дифракционных методов	ПК-3	Тестирование
Контроль качества и обработка дифракционных данных	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в дифракционные методы исследования»

1. **Что такое дифракция?**
 - а) Отражение волн от поверхности
 - б) Преломление волн на границе двух сред
 - в) Огибание волнами препятствий, соизмеримых с длиной волны
 - г) Поглощение волн веществом
2. **Какое излучение наиболее часто используется в дифракционных методах исследования материалов?**
 - а) Ультрафиолетовое
 - б) Рентгеновское

- в) Инфракрасное
 - г) Радиоволны
3. **Какой закон описывает условие дифракции рентгеновских лучей на кристалле?**
- а) Закон Бугера-Ламберта-Бера
 - б) Закон Вульфа-Брэгга
 - в) Закон Мозли
 - г) Закон Ома
4. **Что позволяет определить метод порошковой рентгеновской дифракции?**
- а) Элементный состав материала
 - б) Механические свойства
 - в) Фазовый состав и кристаллическую структуру
 - г) Электропроводность
5. **Какая информация содержится в положении дифракционных максимумов на рентгенограмме?**
- а) Размер кристаллитов
 - б) Межплоскостные расстояния и параметры элементарной ячейки
 - в) Концентрация примесей
 - д) Температура плавления
6. **Что такое синхротронное излучение?**
- а) Излучение рентгеновской трубки
 - б) Электромагнитное излучение, испускаемое ускоренными заряженными частицами в магнитном поле
 - в) Лазерное излучение
 - г) Тепловое излучение
7. **Какой тип излучения даёт наиболее высокую интенсивность для дифракционных экспериментов?**
- а) Рентгеновская трубка
 - б) Синхротронное излучение
 - в) Нейтронное излучение
 - г) Электронное излучение
8. **Что характеризует структурный фактор в дифракции?**
- а) Расположение атомов в элементарной ячейке
 - б) Размер кристалла
 - в) Длину волны излучения
 - г) Температуру образца
9. **Какие задачи решаются с помощью дифракционных методов в материаловедении?**
- а) Определение химического состава
 - б) Идентификация кристаллических фаз и анализ текстуры
 - в) Измерение твёрдости
 - г) Определение плотности
10. **Что такое обратная решётка?**
- а) Решётка, в которой узлы соответствуют возможным дифракционным отражениям
 - б) Решётка, получаемая поворотом исходной
 - в) Решётка, описывающая дефекты кристалла
 - г) Решётка, используемая для расчёта объёма ячейки
11. **Какой метод используют для уточнения кристаллической структуры по порошковым данным?**
- а) Метод наименьших квадратов
 - б) Метод Ритвельда
 - в) Метод Монте-Карло
 - г) Метод конечных элементов

12. **Что определяет ширину дифракционного пика на рентгенограмме?**
а) Размер областей когерентного рассеяния (кристаллитов) и микронапряжения
б) Только химический состав
в) Плотность материала
г) Энергию излучения
13. **Для чего используются дифракционные методы при контроле качества продукции?**
а) Для измерения размеров деталей
б) Для проверки соответствия фазового состава эталону
в) Для испытаний на прочность
г) Для определения шероховатости
14. **Какое оборудование является основным для рентгеновской дифракции?**
а) Электронный микроскоп
б) Рентгеновский дифрактометр
в) Спектрофотометр
г) Масс-спектрометр
15. **Что такое «sample environment» в дифракционном эксперименте?**
а) Условия окружающей среды (температура, давление, газ) при измерении
б) Подготовка образца к съёмке
в) Программное обеспечение для обработки данных
г) Тип детектора

Пример лабораторной работы:

Тема: Ознакомление с устройством рентгеновского дифрактометра и правилами техники безопасности

Цель работы

Изучение устройства, принципа работы и основных узлов рентгеновского дифрактометра, освоение правил техники безопасности при работе с рентгеновским излучением, приобретение навыков включения, выключения и начальной настройки прибора.

Теоретическая часть

Рентгеновский дифрактометр предназначен для исследования кристаллической структуры материалов методом рентгеновской дифракции (XRD). Основные узлы:

- **Источник рентгеновского излучения** (рентгеновская трубка с анодом Cu, Co, Fe и др.).
- **Система коллимации** (щели, монохроматор, фильтры).
- **Гониометр** (устройство для точного вращения образца и детектора).
- **Детектор** (сцинтилляционный, полупроводниковый, позиционно-чувствительный).
- **Система управления и обработки данных.**

Принцип действия основан на регистрации углового распределения интенсивности рентгеновских лучей, дифрагированных на кристаллической решётке образца. Гониометр обеспечивает сканирование под углами 2θ , а детектор преобразует кванты в электрические сигналы.

Основные режимы съёмки: непрерывное сканирование, пошаговое сканирование, быстрая съёмка.

Задания

1. Изучение устройства дифрактометра (30 мин)

- Ознакомиться с внешним видом дифрактометра и расположением основных узлов (рентгеновская трубка, гониометр, детектор, пульт управления).
- Зарисовать схему оптической схемы прибора (источник → щели → образец → детектор).
- Идентифицировать все органы управления и индикации на пульте.
- Определить тип анода рентгеновской трубки (по паспорту прибора).

2. Ознакомление с правилами техники безопасности (20 мин)

- Изучить инструкцию по охране труда при работе с рентгеновским дифрактометром.

- Обратить внимание на: предельно допустимую мощность, процедуру включения/выключения, действия в аварийных ситуациях.
- Ознакомиться с расположением аварийной кнопки отключения высокого напряжения.
- Получить допуск у преподавателя к практической работе.

3. Включение и начальная настройка (под наблюдением преподавателя)

- Проверить внешнее состояние прибора, целостность кабелей, заземление.
- Включить питание прибора (тумблер «Сеть»).
- Включить блок высокого напряжения (после прогрева – согласно инструкции).
- Установить рабочие параметры: напряжение (обычно 40 кВ), ток (30–40 мА).
- Установить образец (эталонный образец, например, кремний или корунд).
- Запустить тестовое сканирование в диапазоне 2θ от 10° до 80° (скорость $2^\circ/\text{мин}$).
- Наблюдать вывод дифрактограммы на экран компьютера.

4. Регистрация эталонной дифрактограммы

- Выбрать режим пошагового сканирования (шаг $0,02^\circ$, время накопления 1 с).
- Записать дифрактограмму эталонного образца.
- Сохранить файл с расширением .raw или .lxd.
- Определить по пикам положение максимумов (углы 2θ) и их относительную интенсивность.

5. Выключение прибора

- По команде преподавателя снизить ток и напряжение до нуля.
- Выключить высокое напряжение.
- Выключить питание прибора.
- Привести рабочее место в порядок.

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Схема устройства дифрактометра с указанием основных узлов.
3. Основные параметры работы прибора (тип анода, напряжение, ток).
4. Контрольные вопросы (письменные ответы).
5. Вывод о проделанной работе.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Сущность дифракции. Условия возникновения дифракционной картины. Типы излучения, используемые в дифракционных методах (рентгеновское, электронное, нейтронное).
2. Закон Вульфа-Брэгга: вывод, физический смысл, практическое применение.
3. Понятие обратной решётки. Связь между прямой и обратной решёткой. Условие дифракции в обратном пространстве.
4. Структурный фактор и его роль в определении интенсивности дифракционных отражений. Правила погасаний для центрированных решёток.
5. Основные понятия кристаллографии: элементарная ячейка, сингонии, пространственные группы симметрии.
6. Влияние дефектов кристаллической решётки (дислокации, вакансии, деформации) на дифракционную картину.
7. Особенности дифракции на поликристаллических и аморфных материалах (широкие гало, уширение пиков).
8. Рентгеновские трубки: устройство, принцип работы, характеристическое и тормозное излучение. Выбор материала анода.
9. Синхротронное излучение: получение, свойства, преимущества для дифракционного эксперимента.
10. Устройство и принцип работы рентгеновского дифрактометра (геометрия Брэгга-Брентано, гониометр, детекторы).

11. Монохроматоры, фильтры и щели в дифрактометрии. Их назначение и влияние на качество данных.
12. Методология подготовки порошковых образцов для рентгеновской дифракции (гомогенизация, размер частиц, способы нанесения).
13. Геометрия съёмки: непрерывное сканирование, пошаговое сканирование, режим быстрой регистрации.
14. Факторы, влияющие на разрешение и точность дифрактометра (калибровка, настройка, внешние условия).
15. Понятие «sample environment»: проведение дифракционных экспериментов при нестандартных условиях (температура, давление, газовая атмосфера).
16. Метод порошковой рентгеновской дифракции: получение дифрактограммы, идентификация фаз по базам данных (PDF-2, ICSD, COD).
17. Качественный фазовый анализ: принципы, алгоритм поиска, надёжность идентификации.
18. Количественный фазовый анализ: метод внутреннего стандарта (расчёт массовых долей фаз).
19. Метод Ритвельда: назначение, основные этапы, параметры уточнения (фон, профиль пика, параметры решётки, атомные координаты).
20. Определение параметров элементарной ячейки по дифрактограмме (индентификация рефлексов, экстраполяционные методы).
21. Определение размера областей когерентного рассеяния (кристаллитов) и микронапряжений по уширению дифракционных пиков (формула Шеррера, метод Вильямсона-Холла).
22. Анализ остаточных напряжений в материалах с помощью дифракции ($\sin^2\psi$ -метод).
23. Изучение текстуры (предпочтительной ориентации кристаллитов) с использованием полюсных фигур.
24. Применение дифракционных методов в материаловедении, металлургии, нанотехнологиях, фармацевтике, геологии.
25. Обработка дифракционных данных: фильтрация шума, коррекция фона, сглаживание, профильный анализ

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного	отлично	зачтено	86-100

		характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Матвеев, Н. А. Теоретические основы и практика рентгеновской дифракции: учебник для вузов / Н. А. Матвеев, В. Е. Дмитриенко. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательский дом МИСиС, 2015. – 348 с. – ISBN 978-5-87623-860-3. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/546226>
2. Вознесенский, Э. Ф. Методы исследования материалов. Методы микроскопии и дифракции: учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2025. – 112 с. – ISBN 978-5-7882-3585-1. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL:

<https://znanium.com/catalog/product/876199>

Дополнительная литература:

1. Иванов, А. Н. Анализ несовершенств кристаллического строения по профилю и интенсивности рентгеновских отражений: учебное пособие / А. Н. Иванов, А. М. Поляков. – Москва: МИСиС, 2002. – 78 с. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/751982>
2. Уваров, Н. Ф. Химия твердого тела. Физические методы исследований: учебное пособие / Н. Ф. Уваров, Ю. Г. Матейшина. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – 72 с. – ISBN 978-5-7782-4247-0. – Текст : электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/778700>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным

лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы исследования элементного и химического состава».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических принципах современных инструментальных методов элементного и химического анализа, а также практических навыков пробоподготовки, проведения локального анализа и исследования поверхности материалов для решения задач прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-химические принципы современных инструментальных методов элементного и химического анализа, требования к пробоподготовке и метрологическому обеспечению, а также правила работы с конструкторской документацией при организации контроля состава материалов. Уметь: работать с конструкторской документацией и 3D-моделями для обоснованного выбора методов анализа, применять специальное аналитическое оборудование для контроля и измерения параметров, а также проводить испытания для подтверждения свойств материалов. Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской документации при разработке технологических процессов контроля состава, методами пробоподготовки, проведения аналитических измерений и интерпретации результатов для оценки соответствия материалов требованиям технической документации.
ПК-3. Способен составлять программы	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической	Знать: физико-химические принципы инструментальных методов элементного и химического анализа,

испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	особенности пробоподготовки и метрологического обеспечения, а также требования к конструкторской и технологической документации при разработке программ испытаний. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, применять специальное аналитическое оборудование для определения элементного и химического состава, а также составлять программы испытаний и документацию на необходимую оснастку. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами калибровки и эксплуатации аналитического оборудования, а также приёмами интерпретации результатов элементного и химического анализа для оформления заключений о соответствии материалов техническому заданию.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы исследования элементного и химического состава» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные

работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы дисциплины	Метрологические основы аналитической химии, классификация методов, отбор проб и общие принципы организации аналитических исследований.
2.	Теоретические основы инструментальных методов	Физические принципы взаимодействия излучения с веществом, закономерности движения ионов в полях, основы атомной и молекулярной спектроскопии.
3.	Пробоподготовка в элементном и химическом анализе	Способы разложения, автоклавная и микроволновая минерализация, спекание, экстракция и концентрирование для твердых, жидких и биообъектов.
4.	Оптические и рентгеновские методы анализа	Теория и практика атомно-абсорбционной, атомно-эмиссионной и рентгенофлуоресцентной спектрометрии, лазерно-искровая спектроскопия.
5.	Масс-спектрометрические методы	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), вторично-ионная масс-спектрометрия, основы хромато-масс-спектрометрии.
6.	Локальный анализ и методы исследования поверхности	Электронно-зондовый микроанализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, растровая электронная микроскопия с ЭДС-микроанализом.
7.	Электрохимические методы анализа	Потенциометрия, вольтамперометрия, кулонометрия и кондуктометрия как методы следового и рутинного анализа.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Роль элементного и химического анализа в наукоёмких производствах. Классификация методов анализа.

Тема 2: Теоретические основы инструментальных методов

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие излучения. Спектральные характеристики. Природа аналитических сигналов.

Тема 3: Пробоподготовка в элементном и химическом анализе

Вопросы для обсуждения: Отбор и усреднение пробы. Разложение твёрдых образцов. Растворение. Фильтрация, концентрирование, разделение

Тема 4: Оптические и рентгеновские методы анализа

Вопросы для обсуждения: Атомно-эмиссионная спектроскопия

Тема 5: Масс-спектрометрические методы

Вопросы для обсуждения: Принципы масс-спектрометрии. Ионизация.

Тема 6: Локальный анализ и методы исследования поверхности

Вопросы для обсуждения: Электронная микроскопия с энергодисперсионной спектроскопией.

Тема 7: Электрохимические методы анализа

Вопросы для обсуждения: Потенциометрия. Вольтамперометрия. Кулонометрия.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Классификация аналитических методов. Выбор метода для конкретной задачи.

Тема 2: Теоретические основы инструментальных методов

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентраций по градуировочному графику. Оценка предела обнаружения. Обработка результатов анализа

Тема 3: Пробоподготовка в элементном и химическом анализе

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы пробоподготовки для твёрдого образца заданного состава.

Тема 4: Оптические и рентгеновские методы анализа

Вопросы для обсуждения: Идентификация элементного состава по спектру. Полуколичественный анализ.

Тема 5: Масс-спектрометрические методы

Вопросы для обсуждения: Интерпретация масс-спектра неорганического материала. Расчёт изотопных отношений.

Тема 6: Локальный анализ и методы исследования поверхности

Вопросы для обсуждения: Оценка состава включений в металле.

Тема 7: Электрохимические методы анализа

Вопросы для обсуждения: Вольтамперограмма – определение потенциалов пиков, идентификация вещества. Расчёт концентрации по высоте пика.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Основы дисциплины	Ознакомление с аналитическим оборудованием и правилами техники безопасности в лаборатории
2.	Теоретические основы инструментальных методов	Построение градуировочного графика и оценка метрологических характеристик
3.	Пробоподготовка в элементном и химическом анализе	Микроволновое разложение твёрдых образцов для последующего анализа
4.	Оптические и рентгеновские методы анализа	Качественный и количественный анализ сплава методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии
5.	Масс-спектрометрические методы	Определение следовых элементов в растворе методом ИСП-МС
6.	Локальный анализ и методы исследования поверхности	Анализ элементного состава включений методом энергодисперсионной спектроскопии в РЭМ
7.	Электрохимические методы анализа	Потенциометрическое определение pH и ионов методом ионоселективных электродов

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Основы дисциплины. Теоретические основы инструментальных методов. Пробоподготовка в элементном и химическом анализе. Оптические и рентгеновские методы анализа. Масс-спектрометрические методы. Локальный анализ и методы исследования поверхности. Электрохимические методы анализа.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Основы дисциплины. Теоретические основы инструментальных методов. Пробоподготовка. Оптические и рентгеновские методы. Масс-спектрометрические методы. Локальный анализ и методы исследования поверхности. Электрохимические методы анализа.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основы дисциплины. Теоретические основы инструментальных методов. Пробоподготовка. Оптические и рентгеновские методы анализа. Масс-спектрометрические методы. Локальный анализ. Электрохимические методы анализа.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень

освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы дисциплины	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Теоретические основы инструментальных методов	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Пробоподготовка в элементном и химическом анализе	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Оптические и рентгеновские методы анализа	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Масс-спектрометрические методы	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Локальный анализ и методы исследования поверхности	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Электрохимические методы анализа	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Теоретические основы инструментальных методов»

1. **Что является аналитическим сигналом в оптических методах анализа?**
 - а) Температура образца
 - б) Интенсивность поглощения или испускания излучения
 - в) Электропроводность раствора
 - г) Масса образца
2. **Как называется зависимость интенсивности аналитического сигнала от концентрации определяемого вещества?**
 - а) Спектр
 - б) Градуировочная характеристика
 - в) Кинетическая кривая
 - г) Хроматограмма
3. **Какой закон лежит в основе количественного абсорбционного спектрального анализа?**
 - а) Закон Ома
 - б) Закон Бугера-Ламберта-Бера
 - в) Закон Вант-Гоффа
 - г) Закон действующих масс
4. **Что такое предел обнаружения метода анализа?**
 - а) Максимальная концентрация, которую можно измерить
 - б) Минимальная концентрация, которую можно надёжно зарегистрировать
 - в) Концентрация, при которой сигнал равен нулю
 - г) Концентрация, соответствующая середине градуировочного графика
5. **Какой параметр характеризует чувствительность метода?**
 - а) Предел обнаружения
 - б) Воспроизводимость
 - в) Производительность
 - г) Стоимость анализа

6. **Что такое калибровка в инструментальном анализе?**
 - а) Настройка прибора на нуль
 - б) Установление зависимости сигнала от концентрации с помощью стандартных образцов
 - в) Проверка чистоты реактивов
 - г) Очистка измерительной ячейки
7. **Какой вид погрешности возникает из-за нестабильности работы прибора?**
 - а) Систематическая
 - б) Случайная
 - в) Грубая
 - г) Абсолютная
8. **Для оценки правильности результатов анализа используется:**
 - а) Стандартное отклонение
 - б) Анализ стандартного образца с известным содержанием
 - в) Построение градуировочного графика
 - г) Фильтрация пробы
9. **Что такое матричный эффект в анализе?**
 - а) Влияние компонентов пробы, кроме определяемого вещества, на аналитический сигнал
 - б) Эффект, связанный с формой пробы
 - в) Эффект, вызванный температурой окружающей среды
 - г) Эффект, связанный с загрязнением посуды
10. **Какой метод калибровки используется для учёта матричных эффектов?**
 - а) Метод внешнего стандарта
 - б) Метод добавок
 - в) Метод внутреннего стандарта
 - г) Метод градуировочной кривой без холостого опыта
11. **Что такое селективность метода анализа?**
 - а) Способность измерять концентрацию компонента в присутствии других веществ
 - б) Чувствительность метода
 - в) Скорость выполнения анализа
 - г) Воспроизводимость результатов
12. **Какое из перечисленных явлений используется в атомно-эмиссионной спектроскопии?**
 - а) Поглощение света свободными атомами
 - б) Испускание света возбуждёнными атомами
 - в) Рассеяние света частицами
 - г) Флуоресценция молекул
13. **Что такое холостой опыт?**
 - а) Анализ пробы без определяемого компонента для учёта фона
 - б) Повторный анализ той же пробы
 - в) Анализ с изменением температуры
 - г) Калибровка прибора
14. **Какой параметр описывает воспроизводимость результатов анализа?**
 - а) Правильность
 - б) Относительное стандартное отклонение
 - в) Предел обнаружения
 - г) Чувствительность
15. **Что лежит в основе большинства спектроскопических методов?**
 - а) Изменение массы вещества
 - б) Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом
 - в) Изменение температуры при химической реакции
 - г) Электрическое сопротивление

Пример задания лабораторной работы:

Тема: Ознакомление с аналитическим оборудованием и правилами техники безопасности в лаборатории

Оборудование и материалы

- Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) или макет
- Рентгенофлуоресцентный спектрометр (макет или учебный стенд)
- Масс-спектрометр (учебная модель или презентация)
- рН-метр, иономер
- Весы аналитические, вытяжной шкаф
- Набор химической посуды, средства индивидуальной защиты (халат, перчатки, защитные очки)
- Инструкции по эксплуатации приборов и журналы техники безопасности

Теоретическая часть

Аналитическое оборудование в лабораториях элементного и химического анализа разнообразно и включает оптические, рентгеновские, масс-спектрометрические, электрохимические приборы. Каждый тип имеет свои особенности устройства и потенциальные опасности.

Основные группы оборудования:

- Спектральные приборы (ИСП-АЭС, ИСП-МС, атомно-абсорбционные спектрометры) – работают с высокочастотными полями, плазмой, горючими газами.
- Рентгенофлуоресцентные спектрометры – источник рентгеновского излучения.
- Масс-спектрометры – высокий вакуум, высокое напряжение.
- Электрохимические анализаторы – работа с жидкими агрессивными средами.

Правила техники безопасности:

- Допуск к работе только после инструктажа и проверки знаний.
- Использование средств индивидуальной защиты.
- Работа с кислотами, щелочами, органическими растворителями только в вытяжном шкафу.
- При работе с ИСП-приборами – контроль утечек газов, наличие вентиляции.
- Рентгеновское оборудование – защитный кожух, блокировки, дозиметрический контроль.
- Запрещается оставлять работающие приборы без присмотра.
- Аварийное отключение, оказание первой помощи.

Задания

1. Изучение структуры и устройства аналитического оборудования

- Пройти по лаборатории, ознакомиться с имеющимися приборами (внешний вид, назначение).
- Зарисовать или сфотографировать один из приборов (по указанию преподавателя).
- Указать его основные узлы (источник возбуждения, аналитический блок, детектор, система управления).

2. Ознакомление с паспортами и инструкциями

- Прочитать выдержки из инструкции по эксплуатации прибора, назначенного преподавателем.
- Выписать рабочие параметры: мощность, газы, диапазон измеряемых концентраций.
- Изучить раздел «Меры безопасности».

3. Изучение правил техники безопасности

- Записать в рабочую тетрадь основные правила работы с конкретным прибором (не менее 5 пунктов).
- Ознакомиться с журналом инструктажей и расписаться в соответствующем листе.
- Узнать расположение средств индивидуальной защиты, аптечки, огнетушителя.

4. Практическое освоение пробоподготовительного оборудования

- В вытяжном шкафу (под наблюдением преподавателя) ознакомиться с посудой для разложения проб (стаканы, колбы, автоклавы).
- Изучить принцип работы микроволновой системы разложения (при наличии).
- Отработать правила взвешивания на аналитических весах.

5. Проверка знаний техники безопасности

- Пройти устный опрос у преподавателя по правилам поведения в лаборатории, действиям в аварийной ситуации.
- Получить допуск к дальнейшим лабораторным работам.

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Список оборудования, с которым ознакомились.
3. Схема или фотография прибора с подписями узлов.
4. Таблица с характеристиками прибора (название, тип, диапазон, особые условия).
5. Выписанные правила техники безопасности (не менее 10 пунктов общего и специфического характера).
6. Подпись о прохождении инструктажа (в журнале и в отчёте).

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Предмет и задачи дисциплины. Роль элементного и химического анализа в наукоёмких производствах. Классификация методов анализа.
2. Теоретические основы инструментальных методов. Взаимодействие излучения с веществом. Природа аналитического сигнала.
3. Закон Бугера-Ламберта-Бера и его применение в количественном анализе.
4. Калибровка и градуировка в инструментальном анализе. Методы внешнего стандарта, добавок, внутреннего стандарта.
5. Предел обнаружения, чувствительность, селективность, правильность и воспроизводимость методов анализа.
6. Пробоподготовка в элементном и химическом анализе: отбор, усреднение, разложение твёрдых образцов кислотное, щелочное, микроволновое, сплавление.
7. Оптические методы анализа: атомно-эмиссионная спектроскопия с источниками возбуждения дуга, искра, индуктивно-связанная плазма.
8. Атомно-абсорбционная спектроскопия: принцип, устройство, области применения, преимущества и ограничения.
9. Рентгенофлуоресцентный анализ: физические основы, аппаратура, качественный и количественный анализ.
10. Масс-спектрометрические методы: принципы ионизации, типы масс-анализаторов квадруполь, времяпролётный, магнитный.
11. ИСП-МС как высокочувствительный метод элементного анализа. Определение следовых и ультраследовых концентраций, изотопный анализ.
12. Локальный анализ и методы исследования поверхности: энергодисперсионная спектроскопия в растровом электронном микроскопе.
13. Оже-электронная спектроскопия и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия: принципы, информация о поверхностном слое, химическом состоянии элементов.

14. Вторично-ионная масс-спектрометрия: принцип, профилирование по глубине, трёхмерная визуализация распределения элементов.
15. Электрохимические методы анализа: потенциометрия с ионоселективными электродами, рН-метрия.
16. Вольтамперометрия: принцип, применение для определения металлов и органических веществ.
17. Кулонометрия и кондуктометрия: основы, области применения в элементном анализе.
18. Проблемы пробоподготовки и метрологического обеспечения: минимизация загрязнений, стандартные образцы, оценка неопределённости измерений.
19. Выбор метода анализа в зависимости от решаемой задачи: элементный состав сплавов, примеси в высокочистых материалах, анализ покрытий и поверхностных слоёв.
20. Современные тенденции в развитии методов элементного и химического анализа: гибридные методы, автоматизация, аналитика в реальных условиях.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности,	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из	хорошо		71-85

	нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Дубков, М. В. Физические основы инструментальных методов анализа вещества. Физические методы: учебное пособие / М. В. Дубков, А. Е. Малютин, М. А. Буробин, и др. — Москва: КУРС, 2025. — 176 с. — ISBN 978-5-906923-32-5. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/2178538>

Дополнительная литература:

1. Смирнов, А. Д. Аналитическая химия. Часть 2. Количественный анализ (оптические, рентгенофазовый и рентгеноструктурный методы): методические указания / А. Д. Смирнов, А. М. Голубев, В. Н. Горячева [и др.]. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 40 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/826534>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы оптической спектроскопии».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах оптической спектроскопии, а также практических навыков их применения для анализа структуры, состава и свойств материалов в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-химические и квантово-механические основы оптической спектроскопии, принципы работы спектрометрического оборудования, методы качественного и количественного анализа, метрологические требования к спектральным измерениям. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при планировании спектроскопических испытаний, применять спектральное оборудование для контроля и измерения параметров материалов, разрабатывать технологическую документацию на основе результатов спектроскопического анализа. Владеть: навыками интерпретации спектральных данных, проведения абсорбционных, эмиссионных и комбинационных измерений, метрологической верификации результатов и оценки их достоверности для подтверждения свойств материалов.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физико-химические и квантово-механические основы оптической спектроскопии, теоретические принципы абсорбционной, эмиссионной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния, технические средства спектрометрических измерений,

технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.		метрологические требования к спектральным испытаниям, правила оформления конструкторской и технологической документации. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении спектроскопических испытаний, составлять программы испытаний, включающие оптические спектральные методы контроля, применять спектральное оборудование для измерения параметров материалов. Владеть: навыками планирования спектроскопических экспериментов, выбора методов качественного и количественного анализа, интерпретации спектральных данных, метрологической верификации результатов, оформления документации на испытательную оснастку и заключений о соответствии свойств материалов требованиям технического задания.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы оптической спектроскопии» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные

работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физико-химические основы оптической спектроскопии	Природа электромагнитного излучения, механизмы взаимодействия фотонов с веществом и квантовые переходы
2.	Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов	Правила отбора, энергетические уровни атомов и молекул, концепция виртуальных состояний
3.	Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии	Закон Бугера-Ламберта-Бера, анализ спектров поглощения и испускания в УФ и видимой областях
4.	Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений	Устройство современных спектрометров: источники излучения, монохроматоры, детекторы и регистрирующие системы
5.	Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов	Выбор метода анализа в зависимости от объекта, подготовка проб и оптимизация параметров съемки спектров
6.	Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ	Алгоритмы идентификации функциональных групп, анализ химических сдвигов и определение строения молекул
7.	Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях	Практическая реализация измерений в УФ, видимом и ИК-диапазонах, определение концентрации компонентов
8.	Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов	Методы калибровки приборов, расчет погрешностей, определение пределов обнаружения и воспроизводимости
9.	Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы	Физика Рамановского эффекта, КР-спектрометрия и применение методов сверхбыстрой спектроскопии

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физико-химические основы оптической спектроскопии.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Спектры поглощения, испускания и рассеяния. Энергетические уровни атомов и молекул. Понятие о спектральных переходах. Классификация оптических спектров.

Тема 2: Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов.

Вопросы для обсуждения: Правила отбора для электронных переходов. Колебательные и вращательные уровни.

Тема 3: Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Закон Бугера-Ламберта-Бера. Молярный коэффициент экстинкции. Спонтанное и вынужденное излучение.

Тема 4: Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений

Вопросы для обсуждения: Источники сплошного и линейчатого спектров. Монохроматоры и спектрографы.

Тема 5: Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов

Вопросы для обсуждения: Выбор метода анализа в зависимости от задачи. Подготовка образцов. Выбор диапазона длин волн.

Тема 6: Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ

Вопросы для обсуждения: Идентификация пиков по базам данных. Определение функциональных групп по ИК-спектрам.

Тема 7: Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях

Вопросы для обсуждения: УФ-видимая спектроскопия для определения концентраций. ИК-спектроскопия для идентификации веществ.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов

Вопросы для обсуждения: Погрешности измерений (систематические и случайные). Чувствительность и предел обнаружения.

Тема 9: Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы

Вопросы для обсуждения: Принцип комбинационного рассеяния. Гигантское комбинационное рассеяние.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физико-химические основы оптической спектроскопии.

Вопросы для обсуждения: Расчет энергии фотона по длине волны. Идентификация типов переходов по положению полос. Определение ширины запрещенной зоны по спектру поглощения.

Тема 2: Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов.

Вопросы для обсуждения: Построение диаграмм энергетических уровней. Анализ колебательной структуры спектров. Оценка энергии колебательных квантов.

Тема 3: Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Построение калибровочных графиков. Определение квантового выхода люминесценции.

Тема 4: Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений

Вопросы для обсуждения: Настройка спектрофотометра. Выбор щелей, скорости сканирования. Регистрация спектра эталонного образца.

Тема 5: Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы пробоподготовки для конкретного материала. Составление плана измерений. Подготовка растворов для калибровки.

Тема 6: Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ

Вопросы для обсуждения: Расчет концентрации по калибровочной кривой. Оценка погрешности.

Тема 7: Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях

Вопросы для обсуждения: Проведение количественного анализа сплава методом атомно-

эмиссионной спектроскопии.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов
Вопросы для обсуждения: Расчет среднего, стандартного отклонения, доверительного интервала. Сравнение результатов с аттестованным значением.

Тема 9: Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы
Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектра КР кристаллического образца. Определение сдвига частот.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Физико-химические основы оптической спектроскопии	Изучение спектров поглощения окрашенных растворов в видимой области
2.	Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов	Анализ колебательной структуры электронных спектров паров иода
3.	Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии	Определение концентрации вещества методом градуировочного графика по УФ-спектру
4.	Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений	Изучение устройства и юстировка спектрофотометра
5.	Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов	Разработка методики пробоподготовки и проведение абсорбционного анализа сплава
6.	Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ	Идентификация функциональных групп органического соединения по ИК-спектру
7.	Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях	Количественный анализ многокомпонентной смеси методом спектрофотометрии
8.	Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов	Оценка погрешности и предела обнаружения при спектрофотометрическом определении иона металла
9.	Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы	Регистрация и интерпретация спектра комбинационного рассеяния кристаллического образца

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физико-химические основы оптической спектроскопии. Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов. Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии. Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений. Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов. Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ. Технологии проведения

качественного и количественного анализа в различных спектральных областях. Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов. Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Построение калибровочных графиков и расчёт концентраций. Расчёт энергии фотонов, частот переходов, параметров спектральных линий. Идентификация функциональных групп по ИК-спектрам. Обработка спектральных данных (сглаживание, коррекция фона, поиск пиков). Количественный анализ многокомпонентных систем. Расчёт погрешностей и предела обнаружения.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы оптической спектроскопии. Устройство и принцип работы спектрофотометра, монохроматора, детекторов. Закон Бугера-Ламберта-Бера, его применение. Методы пробоподготовки и калибровки. Качественный и количественный анализ в УФ, видимой и ИК-областях. Комбинационное рассеяние и его применение. Метрология в спектроскопии, оценка достоверности результатов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает

овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физико-химические основы оптической спектроскопии	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физико-химические основы оптической спектроскопии»

1. **Что является основой оптической спектроскопии?**
 - а) Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом
 - б) Термическое разложение веществ
 - в) Электролиз растворов
 - г) Хроматографическое разделение
2. **Какие процессы лежат в основе поглощения света веществом?**
 - а) Переход атомов и молекул из основного состояния в возбуждённое
 - б) Ионизация атомов
 - в) Диссоциация молекул
 - г) Тушение люминесценции

3. **Как называется переход электрона с более высокого энергетического уровня на более низкий с испусканием фотона?**
 - а) Поглощение
 - б) Спонтанное излучение
 - в) Вынужденное излучение
 - г) Фотоэффект
4. **Какой закон описывает зависимость интенсивности прошедшего света от концентрации поглощающего вещества?**
 - а) Закон Стефана-Больцмана
 - б) Закон Бугера-Ламберта-Бера
 - в) Закон Вина
 - г) Закон Рэлея-Джинса
5. **Что характеризует молярный коэффициент экстинкции?**
 - а) Способность вещества поглощать свет на определённой длине волны
 - б) Интенсивность люминесценции
 - в) Квантовый выход реакции
 - г) Разрешающую способность прибора
6. **Какие виды спектров возникают при поглощении света в видимой и УФ-областях?**
 - а) Колебательные
 - б) Вращательные
 - в) Электронные
 - г) Ядерные
7. **Что такое спектральный переход?**
 - а) Изменение энергетического состояния атома или молекулы под действием излучения
 - б) Перемещение образца в кюветном отделении
 - в) Смена длины волны на монохроматоре
 - г) Изменение температуры образца
8. **Как называется разность энергий между основным и возбуждённым состояниями?**
 - а) Энергия активации
 - б) Энергия перехода
 - в) Энергия ионизации
 - г) Энергия связи
9. **Какое правило отбора действует для электронных дипольных переходов?**
 - а) Изменение орбитального квантового числа на ± 1
 - б) Изменение спина на ± 1
 - в) Запрет на любые переходы
 - г) Разрешены все переходы
10. **Что такое флуоресценция?**
 - а) Испускание фотонов при переходе из синглетного возбуждённого состояния в основное
 - б) Переход из триплетного состояния
 - в) Поглощение света с последующим безызлучательным переходом
 - г) Рассеяние света без изменения длины волны
11. **Как влияет растворитель на электронные спектры поглощения?**
 - а) Не влияет
 - б) Может смещать полосы и изменять их интенсивность
 - в) Только увеличивает интенсивность
 - г) Только уширяет полосы
12. **Что такое квантовый выход люминесценции?**
 - а) Отношение числа испущенных фотонов к числу поглощённых
 - б) Отношение интенсивности падающего света к прошедшему
 - в) Энергия испущенного фотона
 - г) Время жизни возбуждённого состояния

13. **Какое явление используется для измерения концентрации по спектрам поглощения?**
а) Эффект Доплера
б) Закон Бера
в) Эффект Керра
г) Эффект Фарадея
14. **Что такое спектроскопия комбинационного рассеяния?**
а) Метод, основанный на неупругом рассеянии света с изменением частоты
б) Анализ поглощения в УФ-области
в) Эмиссионный анализ
г) Рентгенофлуоресцентный анализ
15. **Какая информация может быть получена из ИК-спектра вещества?**
а) Наличие функциональных групп и тип химических связей
б) Элементный состав
в) Кристаллическая структура
г) Электропроводность

Пример задания лабораторной работы:

Тема: Изучение спектров поглощения окрашенных растворов в видимой области

Оборудование и реактивы: спектрофотометр (или фотоэлектроколориметр) с диапазоном измерений 400–700 нм; кварцевые или стеклянные кюветы с толщиной слоя 10 мм; мерные колбы на 50 и 100 мл, пипетки; раствор окрашенного вещества (например, перманганат калия KMnO_4 , дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, или органический краситель); дистиллированная вода; программное обеспечение для обработки спектров.

Теоретическая часть

Спектры поглощения в видимой области обусловлены электронными переходами в молекулах или ионах. Количественный анализ основан на законе Бугера-Ламберта-Бера: $A = \varepsilon \cdot c \cdot l$, где A – оптическая плотность, ε – молярный коэффициент экстинкции, c – концентрация, l – толщина слоя.

Для определения концентрации неизвестного раствора строят градуировочный график зависимости оптической плотности от концентрации стандартных растворов при длине волны максимального поглощения (λ_{max}).

Задания

1. Приготовление стандартных растворов

- Из исходного раствора заданной концентрации приготовить серию разбавленных растворов (не менее 5) путём последовательного разведения дистиллированной водой в мерных колбах.
- Рассчитать конечные концентрации каждого раствора.

2. Регистрация спектров поглощения

- Настроить спектрофотометр (выбрать диапазон длин волн, скорость сканирования, режим).
- Зарегистрировать спектр поглощения раствора с наибольшей концентрацией в диапазоне 400–700 нм.
- Определить λ_{max} – длину волны максимального поглощения.

3. Построение градуировочного графика

- Измерить оптическую плотность всех стандартных растворов при λ_{max} (каждый раствор измерить 2–3 раза, усреднить).
- Построить график зависимости $A = f(c)$ в координатах оптическая плотность – концентрация.
- Проверить линейность графика, рассчитать уравнение регрессии (методом наименьших квадратов).
- **Определение концентрации неизвестного раствора**

- Получить у преподавателя образец с неизвестной концентрацией того же вещества.
- Измерить его оптическую плотность при той же длине волны.
- По градуировочному графику (или уравнению регрессии) определить концентрацию.

5. Оценка метрологических характеристик

- Рассчитать коэффициенты уравнения градуировочной зависимости (коэффициент чувствительности, свободный член).
- Оценить погрешность определения концентрации (стандартное отклонение, доверительный интервал при заданной вероятности).
- Сравнить найденную концентрацию с ожидаемой (по указанию преподавателя).

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Таблица с приготовленными концентрациями стандартных растворов.
3. График спектра поглощения с указанием λ_{max} .
4. Таблица измерений оптической плотности стандартных растворов.
5. Градуировочный график (экспериментальные точки и аппроксимирующая прямая).
6. Расчёт концентрации неизвестного раствора.
7. Оценка погрешности.
8. Выводы.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи оптической спектроскопии. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
2. Классификация оптических спектров поглощения, испускания, рассеяния, люминесценции.
3. Энергетические уровни атомов и молекул. Электронные, колебательные и вращательные переходы.
4. Правила отбора для электронных дипольных переходов. Принцип Франка-Кондона.
5. Закон Бугера-Ламберта-Бера, его вывод и области применения.
6. Молярный коэффициент экстинкции. Зависимость от длины волны и природы вещества.
7. Спонтанное и вынужденное излучение. Квантовый выход люминесценции.
8. Тушение люминесценции.
9. Устройство спектрофотометра: источники сплошного и линейчатого спектров, монохроматоры, детекторы.
10. Принцип работы монохроматора. Дисперсия и разрешающая способность.
11. Типы фотодетекторов в спектроскопии.
12. Методика пробоподготовки для УФ, видимой и ИК-спектроскопии. Влияние растворителя и кювет.
13. Калибровка спектрофотометра. Стандартные образцы.
14. Качественный анализ по электронным спектрам поглощения. Идентификация веществ.
15. Количественный анализ по закону Бера. Построение градуировочного графика, метод добавок.
16. Метрологическое обеспечение спектроскопических измерений: погрешности, предел обнаружения, чувствительность.
17. Основы ИК-спектроскопии. Характеристические частоты функциональных групп.
18. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Стоксовы и антистоксовы компоненты.
19. Спектроскопия высокого разрешения.
20. Применение оптической спектроскопии в материаловедении и контроле качества наукоёмких производств.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии

оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворяет	Репродуктивная	Изложение в пределах задач курса	удовлетворительно		55-70

ельны й (достат очный)	деятельность	теоретически и практически контролируемого материала	о		
Недост аточн ый	Отсутствие	признаков удовлетворительного уровня	неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учебное пособие для вузов / В. Б. Тимофеев. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 512 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-1745-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211055>
2. Соломонов, В. И. Оптическая спектроскопия атомов, молекул и твердых тел: учебное пособие / В. И. Соломонов, А. В. Спирина, С. О. Чолах; под научной редакцией д-ра физ.-мат. наук, проф. А. В. Ишмухаметова. — Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-7996-3331-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169592>

Дополнительная литература:

1. Ефимова, А. И. Современная инфракрасная спектроскопия: основы, методы, приборная база: учебное пособие для вузов / А. И. Ефимова, В. Б. Зайцев, Д. В. Казанцев, Н. Ю. Болдырев. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 356 с. — ISBN 978-5-507-45721-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301513>
2. Рябухин, Ю. И. Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии: учебное пособие для вузов / Ю. И. Рябухин. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 284 с. — ISBN 978-5-507-45679-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/276614>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

8. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Физические основы приборостроения».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах построения чувствительных элементов и измерительных систем, физических пределах точности, шумах, электромагнитных, механических, тепловых, оптических и квантовых эффектах, а также о современных технологиях микроэлектромеханических систем и нанотехнологий для создания высокоточных приборов и сенсоров в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физические принципы работы чувствительных элементов и измерительных систем, природу шумов и пределы точности, электромагнитные, механические, тепловые, оптические и квантовые эффекты, лежащие в основе преобразования сигналов, а также основы моделирования сенсорных элементов для обоснованного выбора материалов и конструктивных решений. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели приборов и их чувствительных элементов с учётом требований технологичности и рационального использования ресурсов, строить расчётные модели в САЕ-системах для анализа физических полей и проводить стационарные и нестационарные расчёты (механические, тепловые, электромагнитные) на основе фундаментальных физических закономерностей. Владеть: навыками интеграции физических принципов преобразования сигналов в конструкторские решения, методами численного моделирования

		чувствительных элементов (включая элементы MEMS и нанотехнологий) для оценки их характеристик, а также приёмами оптимизации конструкций по точностным и ресурсным показателям с использованием CAE-систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физические основы приборостроения» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Теоретико-методологические основы приборостроения	Понятие о чувствительном элементе и физическом принципе преобразования, классификация первичных преобразователей по типу физического взаимодействия, анализ цепочки передачи измерительного сигнала
2.	Физические пределы точности и теория шумов	Исследование фундаментальных ограничений точности: тепловой шум (Джонсоновский), дробовой шум, квантовый предел измерений, влияние температуры на дрейф параметров и физика термостабилизации
3.	Электромагнитные эффекты в сенсорных системах	Физика эффекта Холла, магниторезистивные явления, закон электромагнитной индукции Фарадея, анализ магнитных цепей и расчет взаимодействия магнитного поля с веществом в

		датчиках
4.	Физика механических и тепловых преобразователей	Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты, физика тензорезистивного эффекта, термоэлектричество (эффект Зеебека и эффект Пельтье), механизмы теплового расширения и конвекции
5.	Оптические, фотонные и квантовые эффекты	Физика фотоэлектрического и фоторезистивного эффектов, принципы распространения света в волоконно-оптических датчиках, интерференция и дифракция в высокоточных измерительных системах
6.	Математическое моделирование физики чувствительных элементов	Вывод и расчет основных физических соотношений: $R=\rho l/S$ для резистивных, $C=\epsilon S/d$ для емкостных и $L=\mu NS/l$ для индуктивных элементов, анализ зависимости чувствительности от геометрии и материала
7.	Физические основы формирования эталонных сигналов	Принципы работы квантовых стандартов: эффект Джозефсона для напряжения, квантовый эффект Холла для сопротивления, физика атомных резонансов в стандартах частоты и времени
8.	Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении	Физика микроэлектромеханических систем (МЭМС), поверхностные эффекты на наноуровне, использование графена и квантовых точек в создании высокочувствительных сенсоров

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Теоретико-методологические основы приборостроения

Вопросы для обсуждения: Что такое измерительный прибор и его основные характеристики? Классификация физических величин и единиц измерения. Понятие о метрологии и её связь с физическими основами приборостроения. Структура измерительного канала. Основные этапы проектирования приборов.

Тема 2: Физические пределы точности и теория шумов

Вопросы для обсуждения: Основные источники погрешностей измерений. Фундаментальные ограничения точности. Понятие шума в измерительных системах. Виды шумов

Тема 3: Электромагнитные эффекты в сенсорных системах

Вопросы для обсуждения: Принципы работы индуктивных, ёмкостных и резистивных сенсоров. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Пьезоэлектрический эффект и его применение. Электромагнитная совместимость сенсорных систем. Экранирование и подавление помех.

Тема 4: Физика механических и тепловых преобразователей

Вопросы для обсуждения: Тензорезистивный эффект. Принципы работы акселерометров, гироскопов, датчиков давления. Терморезистивные и термоэлектрические преобразователи.

Тема 5: Оптические, фотонные и квантовые эффекты

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие света с веществом. Фотодиоды, фотоприёмники, фототранзисторы. Лазерные измерительные системы. Интерферометрия.

Тема 6: Математическое моделирование физики чувствительных элементов

Вопросы для обсуждения: Методы математического описания физических процессов в сенсорах. Конечно-элементное моделирование. Стационарные и нестационарные расчёты.

Тема 7: Физические основы формирования эталонных сигналов

Вопросы для обсуждения: Принципы стабилизации частоты и амплитуды. Кварцевые генераторы. Квантовые стандарты частоты.

Тема 8: Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении

Вопросы для обсуждения: Микроэлектромеханические системы (MEMS): принципы изготовления и работы. Акселерометры, гироскопы, микрозеркала на MEMS-технологиях. Нанодатчики.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Теоретико-методологические основы приборостроения

Вопросы для обсуждения: Разработка структурной схемы измерительной системы для заданной физической величины. Классификация приборов по назначению и принципу действия.

Тема 2: Физические пределы точности и теория шумов

Вопросы для обсуждения: Расчёт отношения сигнал/шум для заданного сенсора. Оценка минимально обнаружимого сигнала. Анализ вклада различных шумовых составляющих.

Тема 3: Электромагнитные эффекты в сенсорных системах

Вопросы для обсуждения: Проектирование ёмкостного датчика влажности. Расчёт чувствительности магниторезистивного датчика. Моделирование электромагнитного поля в САЕ-системе.

Тема 4: Физика механических и тепловых преобразователей

Вопросы для обсуждения: Расчёт токовой чувствительности фотодиода. Проектирование интерферометра для измерения перемещений. Оценка разрешающей способности оптического датчика.

Тема 5: Оптические, фотонные и квантовые эффекты

Вопросы для обсуждения: Построение конечно-элементной модели чувствительного элемента. Проведение стационарного теплового расчёта. Анализ нестационарного отклика на импульсное воздействие.

Тема 6: Математическое моделирование физики чувствительных элементов

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Физические основы формирования эталонных сигналов

Вопросы для обсуждения: Расчёт частоты кварцевого резонатора. Изучение схемы фазовой автоподстройки частоты. Оценка долговременной стабильности генератора.

Тема 8: Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении

Вопросы для обсуждения: Знакомство с технологиями изготовления MEMS-акселерометра. Анализ характеристик наносенсора по литературным данным. Обсуждение перспектив применения нанотехнологий в приборостроении.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Теоретико-методологические основы приборостроения. Физические пределы точности и теория шумов. Электромагнитные

эффекты в сенсорных системах. Физика механических и тепловых преобразователей. Оптические, фотонные и квантовые эффекты. Математическое моделирование физики чувствительных элементов. Физические основы формирования эталонных сигналов. Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Разработка структурных схем измерительных систем. Расчёт отношения сигнал/шум и пределов обнаружения. Проектирование ёмкостных, магниторезистивных и пьезоэлектрических датчиков. Расчёт чувствительности и деформаций чувствительных элементов. Моделирование температурных и электромагнитных полей. Расчёт параметров оптических и квантовых датчиков. Анализ частотных характеристик кварцевых генераторов. Оценка характеристик MEMS и наносенсоров.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные метрологические характеристики приборов. Виды шумов и способы их снижения. Принципы работы электромагнитных, механических, тепловых, оптических и квантовых преобразователей. Методы математического моделирования чувствительных элементов. Способы формирования эталонных сигналов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно

связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Теоретико-методологические основы приборостроения	ПК-1	Тестирование
Физические пределы точности и теория шумов	ПК-1	Тестирование
Электромагнитные эффекты в сенсорных системах	ПК-1	Тестирование
Физика механических и тепловых преобразователей	ПК-1	Тестирование
Оптические, фотонные и квантовые эффекты	ПК-1	Тестирование
Математическое моделирование физики чувствительных элементов	ПК-1	Тестирование
Физические основы формирования эталонных сигналов	ПК-1	Тестирование
Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Теоретико-методологические основы приборостроения»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Что является основным назначением измерительного прибора?**
 - Преобразование энергии
 - Получение количественной информации о значении физической величины
 - Усиление сигнала
 - Генерация эталонного сигнала
- Какая физическая величина относится к основным в Международной системе единиц (СИ)?**
 - Сила
 - Электрическое напряжение
 - Длина
 - Сопротивление
- Что такое чувствительность измерительного прибора?**
 - Отношение изменения выходного сигнала к вызвавшему его изменению входной величины
 - Минимальное значение измеряемой величины
 - Диапазон измерений
 - Время установления показаний

4. **Как называется разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины?**
 - а) Чувствительность
 - б) Диапазон
 - в) Погрешность
 - г) Разрешение
5. **Что такое порог чувствительности прибора?**
 - а) Максимальное значение измеряемой величины
 - б) Наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала
 - в) Время отклика
 - г) Динамический диапазон
6. **По какому признаку классифицируют приборы на аналоговые и цифровые?**
 - а) По принципу действия
 - б) По форме представления выходного сигнала
 - в) По назначению
 - г) По точности
7. **Что входит в структуру измерительного канала?**
 - а) Только чувствительный элемент
 - б) Чувствительный элемент, преобразователь, усилитель, индикатор
 - в) Только индикатор
 - г) Только источник питания
8. **Какой этап проектирования прибора следует после разработки технического задания?**
 - а) Изготовление опытного образца
 - б) Эскизное проектирование
 - в) Серийное производство
 - г) Эксплуатация
9. **Что такое динамическая характеристика прибора?**
 - а) Зависимость выходного сигнала от времени при изменении входного
 - б) Зависимость выходного сигнала от входного в статическом режиме
 - в) Чувствительность прибора
 - г) Предел измерений
10. **Какой из перечисленных параметров относится к метрологическим характеристикам?**
 - а) Габаритные размеры
 - б) Масса
 - в) Класс точности
 - г) Потребляемая мощность
11. **Что такое градуировка прибора?**
 - а) Настройка нуля
 - б) Установление связи между показаниями прибора и значениями измеряемой величины
 - в) Калибровка шкалы
 - г) Проверка изоляции
12. **Какая система единиц принята в России как обязательная?**
 - а) МКГСС
 - б) СГС
 - в) СИ
 - г) МТС
13. **Что такое основная погрешность прибора?**
 - а) Погрешность в нормальных условиях эксплуатации
 - б) Дополнительная погрешность от влияющих факторов

- в) Систематическая погрешность
 - г) Случайная погрешность
14. **Какой документ регламентирует единицы физических величин в России?**
- а) ГОСТ 8.417
 - б) СанПиН
 - в) Технический регламент
 - г) СНИП
15. **Что такое поверка средства измерений?**
- а) Ремонт прибора
 - б) Совокупность операций, выполняемых с целью подтверждения соответствия прибора метрологическим требованиям
 - в) Настройка прибора
 - г) Калибровка прибора

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Основные понятия приборостроения: измерительный прибор, сенсор, преобразователь, измерительная система. Классификация приборов по назначению и принципу действия.
2. Метрологические характеристики измерительных приборов: чувствительность, порог чувствительности, диапазон измерений, разрешение, быстродействие.
3. Погрешности измерений: систематические, случайные, грубые. Способы их оценки и уменьшения.
4. Физические пределы точности измерений. Фундаментальные ограничения, связанные с квантовыми и тепловыми флуктуациями.
5. Шумы в измерительных системах: тепловой шум (Найквиста), дробовой шум, низкочастотный ($1/f$) шум. Соотношение сигнал/шум.
6. Принципы работы резистивных, ёмкостных и индуктивных сенсоров. Области применения, достоинства и недостатки.
7. Эффект Холла и магниторезистивный эффект. Применение в датчиках магнитного поля и тока.
8. Пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрические преобразователи для измерения давления, ускорения, вибрации.
9. Тензорезистивный эффект. Тензорезисторы и их применение в датчиках деформации и силы.
10. Физика работы акселерометров и гироскопов (механических, MEMS). Основные характеристики и области применения.
11. Терморезистивные и термоэлектрические преобразователи (термопары, термосопротивления). Принципы измерения температуры.
12. Пирозлектрические сенсоры. Механизм возникновения пирозлектрического сигнала, применение в детекторах движения и тепловизорах.
13. Взаимодействие света с веществом. Фотодиоды, фотоприёмники, фототранзисторы. Основные параметры и применение.
14. Лазерные измерительные системы. Интерферометрия, доплеровская анемометрия, лазерная дальнометрия.
15. Квантовые датчики: СКВИД (сверхпроводящий квантовый интерферометр), квантовые стандарты частоты, атомные часы.
16. Математическое моделирование чувствительных элементов. Метод конечных элементов. Стационарные и нестационарные расчёты (тепловые, механические, электромагнитные).
17. Физические основы формирования эталонных сигналов. Кварцевые генераторы, фазовые автоподстройки частоты. Квантовые стандарты частоты и времени.

18. Микроэлектромеханические системы (MEMS). Технологии изготовления. MEMS-акселерометры, гироскопы, микрозеркала, микрофонные датчики.
19. Нанодатчики на основе углеродных нанотрубок, нанопроволок, квантовых точек. Перспективы использования в приборостроении.
20. Электромагнитная совместимость сенсорных систем. Экранирование, заземление, подавление помех. Методы защиты измерительных каналов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические	хорошо		71-85

	инициативы	положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Каплан, Б. Ю. Физические основы получения информации: учебное пособие / Б. Ю. Каплан. — Москва: ИНФРА-М, 2014. — 286 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-006381-2. — ISBN 978-5-16-100145-5 (online). — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=87011>

2. Клаассен, К. Б. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: учебное пособие / К. Б. Клаассен; перевод с английского Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. — 4-е изд. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2026. — 352 с. — ISBN 978-5-91559-125-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477387>

Дополнительная литература:

1. Афанасьев, А. А. Физические основы измерений и эталоны: учебное пособие / А. А. Афанасьев. — Москва: ИНФРА-М, 2026. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-16-018624-5. — ISBN 978-5-16-106069-8. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document/?pid=2214878>

2. Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы: учебное пособие / В. И. Смирнов. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 232 с. — ISBN 978-5-9729-1246-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=434808>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Солнечная энергетика»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Технологии роста монокристаллов»
 - 4.2. Программа дисциплины «Технология производства солнечных элементов и модулей»
 - 4.3. Программа дисциплины «Основы проектирования в солнечной энергетике»
 - 4.4. Программа дисциплины «Метрология солнечных элементов»
 - 4.5. Программа дисциплины «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств»
 - 4.6. Программа дисциплины «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1. Название модуля: «Солнечная энергетика»

2. Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физико-химических основ и технологических методов выращивания монокристаллических слитков для изготовления подложек солнечных элементов.
2. Изучение полного цикла производства солнечных элементов и модулей, включая процессы легирования, нанесения контактов, пассивации поверхности и сборки.
3. Формирование компетенций в области проектирования фотоэлектрических систем с учётом климатических, географических и экономических факторов.
4. Освоение методов метрологического контроля параметров солнечных элементов и модулей, включая вольт-амперные характеристики, квантовую эффективность, спектральную чувствительность, мощность, деградацию и герметизацию.
5. Изучение систем испытаний и контроля качества электронных устройств, применяемых в солнечной энергетике, включая климатические, механические и электрические испытания.
6. Формирование знаний о промышленной безопасности и охране труда при производстве и эксплуатации оборудования солнечной энергетике.
7. Развитие способности интегрировать знания из материаловедения, технологии производства, проектирования, метрологии и безопасности для создания эффективных и надёжных фотоэлектрических систем в наукоемких производствах.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физико-химические и технологические основы получения монокристаллических материалов, методы изготовления солнечных элементов и модулей, требования к конструкторской документации и 3D-моделям фотоэлектрических устройств, а также принципы рационального использования ресурсов при проектировании. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели солнечных элементов,

		модулей и вспомогательного оборудования с учётом технологичности и заданных характеристик, строить расчётные модели в САЕ-системах для оценки тепловых, механических и электрических параметров, проводить стационарные и нестационарные расчёты. Владеть: Навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей фотоэлектрических систем, методами численного моделирования (тепловые, механические, электромагнитные поля) в САЕ-средах, приёмами оптимизации конструкций по точностным и энергетическим показателям с использованием результатов метрологического контроля и испытаний.
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-химические свойства материалов для солнечной энергетики, технологические процессы изготовления и контроля качества солнечных элементов и модулей, требования к конструкторской документации и 3D-моделям фотоэлектрических систем, а также методы измерения параметров и проведения испытаний. Уметь: читать конструкторскую документацию и работать с 3D-моделями солнечных элементов и модулей, разрабатывать на их основе технологическую документацию с учётом требований технологичности, применять оборудование для контроля и измерения параметров (вольт-амперные характеристики, квантовая эффективность, спектральная чувствительность) и проводить испытания для подтверждения свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской документацией и 3D-моделями в САЕ-системах, методами метрологического контроля и испытаний

		(климатических, механических, электрических) солнечных элементов и модулей, приёмами интерпретации результатов измерений для подтверждения соответствия свойств материалов и изделий требованиям технической документации.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: методы и средства испытаний солнечных элементов и модулей, порядок составления программ испытаний, требования к конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку, а также правила работы со специальным измерительным и испытательным оборудованием. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний фотоэлектрических устройств, составлять программы испытаний солнечных элементов и модулей (климатических, механических, электрических), применять специальное оборудование для измерения вольт-амперных характеристик, квантовой эффективности, спектральной чувствительности и других параметров. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами разработки конструкторской и технологической документации на оснастку для испытаний, приёмами калибровки и эксплуатации специального испытательного оборудования, а также обработки и интерпретации полученных результатов для оценки соответствия солнечных элементов и модулей требованиям технического задания.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки

учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технологии роста монокристаллов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-химических закономерностях и технологических методах выращивания монокристаллов, включая проектирование процессов кристаллизации, контроль структурного совершенства и качества получаемых материалов, а также практических навыков их применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-химические закономерности и технологические процессы получения монокристаллов, свойства монокристаллических материалов, методы контроля их структурного совершенства и качества, а также требования к конструкторской и технологической документации. Уметь: работать с конструкторской документацией и 3D-моделями оборудования для кристаллизации, разрабатывать технологическую документацию на процессы выращивания монокристаллов с учётом требований технологичности, применять оборудование для контроля параметров и проводить испытания для подтверждения свойств материалов. Владеть: навыками работы с документацией при организации процессов кристаллизации, методами контроля качества и испытаний монокристаллов, приёмами

		эксплуатации измерительного оборудования и интерпретации результатов для оценки соответствия материалов техническим требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологии роста монокристаллов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы кристаллографии и фазовых переходов	Природа кристаллического состояния, физика фазового перехода первого рода и термодинамика кристаллизации
2.	Базовые концепции зародышеобразования	Теория однородного и неоднородного зародышеобразования, расчет критического радиуса зародыша и кинетика роста
3.	Методы выращивания кристаллов из расплава	Физико-химические основы метода Чохральского, метода Киропулоса и технологии зональной плавки
4.	Инструментальное обеспечение процессов роста	Устройство высокотемпературных печей, подбор материалов тиглей и системы прецизионного контроля температуры
5.	Проектирование тепловых полей кристаллизатора	Моделирование градиентов температуры на границе раздела фаз и расчет условий стабильного роста поверхности
6.	Анализ структурного совершенства кристаллов	Физика точечных дефектов, теория дислокаций и механизмы возникновения структурных напряжений в

		решетке
7.	Практическая реализация роста и техника безопасности	Технологический цикл роста полупроводников, работа с расплавами и протоколы безопасности при использовании токсичных газов
8.	Контроль качества и рентгеноструктурный анализ	Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций
9.	Современные технологии эпитаксии и синтеза	Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур
10.	Комплексное применение монокристаллов в промышленности	Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы кристаллографии и фазовых переходов.

Вопросы для обсуждения: Кристаллическая решётка и её параметры. Сингонии, пространственные группы. Дефекты кристаллической структуры. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы состояния и условия кристаллизации.

Тема 2: Базовые концепции зародышеобразования

Вопросы для обсуждения: Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Критический размер зародыша. Скорость зародышеобразования. Влияние пересыщения и температуры. Роль примесей и поверхности.

Тема 3: Методы выращивания кристаллов из расплава

Вопросы для обсуждения: Метод Чохральского. Сравнительный анализ методов. Выбор метода для конкретных материалов.

Тема 4: Инструментальное обеспечение процессов роста

Вопросы для обсуждения: Конструкции ростовых установок. Тигли и нагреватели. Системы управления температурой и скоростью вытягивания. Измерительные датчики

Тема 5: Проектирование тепловых полей кристаллизатора

Вопросы для обсуждения: Распределение температуры в расплаве и кристалле. Тепловой градиент на фронте кристаллизации. Влияние тепловых полей на форму фронта и дефектность. Моделирование тепловых полей. Оптимизация конструкции тепловых узлов.

Тема 6: Анализ структурного совершенства кристаллов

Вопросы для обсуждения: Дислокации, их типы и влияние на свойства. Микродефекты, свирли, включения. Методы выявления дефектов. Связь условий роста с дефектностью.

Тема 7: Практическая реализация роста и техника безопасности

Вопросы для обсуждения: Подготовка сырья и оборудования. Загрузка и расплавление. Затравление и вытягивание. Охлаждение и извлечение кристалла. Техника безопасности при работе с высокими температурами, вакуумом, инертными газами.

Тема 8: Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций.

Вопросы для обсуждения: Рентгеновская топография для визуализации дефектов. Оценка плотности дислокаций по ширине кривой качания.

Тема 9: Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур

Вопросы для обсуждения: Эпитаксиальный рост тонких плёнок. Квантовые ямы, нити, точки. Контроль толщины и состава слоёв. Применение в оптоэлектронике.

Тема 10: Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов.

Вопросы для обсуждения: Подложки для светодиодов, лазеров, фотодетекторов. Требования к монокристаллическому кремнию для солнечной энергетики. Полупроводниковые лазеры на гетероструктурах. Перспективы использования новых кристаллических материалов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы кристаллографии и фазовых переходов.

Вопросы для обсуждения: Построение элементарных ячеек для разных сингоний. Расчёт параметров решётки. Определение межплоскостных расстояний. Анализ диаграммы состояния двойной системы.

Тема 2: Базовые концепции зародышеобразования

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического размера зародыша для заданного вещества. Оценка скорости зародышеобразования. Построение графиков зависимости от пересыщения.

Тема 3: Методы выращивания кристаллов из расплава

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости вытягивания и вращения для метода Чохральского. Определение необходимой мощности нагрева. Выбор тигля и атмосферы.

Тема 4: Инструментальное обеспечение процессов роста

Вопросы для обсуждения: Изучение схемы ростовой установки (по чертежам). Определение функций контроллеров и датчиков. Программирование профиля температуры.

Тема 5: Проектирование тепловых полей кристаллизатора

Вопросы для обсуждения: Построение температурного поля в кристалле и расплаве по экспериментальным данным. Оценка градиента. Выбор геометрии теплового экрана.

Тема 6: Анализ структурного совершенства кристаллов

Вопросы для обсуждения: Вычисление плотности дислокаций по данным травления. Идентификация дефектов на микрофотографиях. Оценка влияния дефектов на свойства.

Тема 7: Практическая реализация роста и техника безопасности

Вопросы для обсуждения: Составление технологической карты выращивания кристалла (выбор параметров, последовательность операций). Разработка инструкции по ТБ для ростовой установки.

Тема 8: Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций.

Вопросы для обсуждения: Расшифровка лауэграммы неизвестного кристалла (определение ориентации). Измерение ширины кривой качания и расчёт плотности дислокаций.

Тема 9: Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур

Вопросы для обсуждения: Подбор параметров роста для получения заданной толщины квантовой ямы. Расчёт энергетических уровней в квантовой яме. Анализ влияния температуры подложки на качество эпитаксиального слоя.

Тема 10: Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов.

Вопросы для обсуждения: Проектирование простейшего светодиода на основе гетероструктуры. Оценка эффективности преобразования.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы кристаллографии и фазовых переходов. Базовые концепции зародышеобразования. Методы выращивания кристаллов из расплава. Инструментальное обеспечение процессов роста. Проектирование тепловых полей кристаллизатора. Анализ структурного совершенства кристаллов. Практическая реализация роста и техника безопасности. Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций. Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур. Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Построение элементарных ячеек и расчёт параметров решётки. Расчёт критического размера зародыша и скорости зародышеобразования. Расчёт скорости вытягивания и вращения в методе Чохральского. Изучение схем ростовых установок и программирование температурных профилей. Построение тепловых полей и оценка градиентов. Вычисление плотности дислокаций по данным травления и ширине кривой качания. Составление технологических карт выращивания кристаллов и инструкций по технике безопасности. Расшифровка лауэграмм. Расчёт энергетических уровней в квантовых ямах. Проектирование простейших оптоэлектронных приборов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Сингонии и пространственные группы. Условия фазовых переходов. Зародышеобразование и рост кристаллов. Методы выращивания из расплава. Конструкции ростовых установок. Тепловые поля и их влияние на дефектность. Виды дефектов и методы их выявления. Рентгеновская дифракция, ориентация кристаллов, оценка плотности дислокаций. Эпитаксия, квантовые гетероструктуры. Применение монокристаллов в оптоэлектронике и лазерной технике.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение

учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы кристаллографии и фазовых переходов	ПК-2	Тестирование
Базовые концепции зародышеобразования	ПК-2	Тестирование
Методы выращивания кристаллов из расплава	ПК-2	Тестирование
Инструментальное обеспечение процессов роста	ПК-2	Тестирование
Проектирование тепловых полей кристаллизатора	ПК-2	Тестирование
Анализ структурного совершенства кристаллов	ПК-2	Тестирование
Практическая реализация роста и техника безопасности	ПК-2	Тестирование
Контроль качества и рентгеноструктурный анализ	ПК-2	Тестирование
Современные технологии эпитаксии и синтеза	ПК-2	Тестирование
Комплексное применение монокристаллов в промышленности	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

- 1. Что называется кристаллической решёткой?**
 - а) Беспорядочное расположение атомов в пространстве
 - б) Правильное периодическое расположение атомов в пространстве
 - в) Случайное скопление молекул
 - г) Аморфная структура вещества
- 2. Сколько существует кристаллографических сингоний?**
 - а) 5
 - б) 6
 - в) 7
 - г) 8
- 3. Какая сингония характеризуется равенством всех трёх осей и всех углов 90° ?**
 - а) Гексагональная
 - б) Тригональная

- в) Кубическая
 - г) Триклинная
4. **Что такое элементарная ячейка кристалла?**
- а) Минимальный объём, повторением которого можно построить весь кристалл
 - б) Одиночный атом в узле решётки
 - в) Дефект кристаллической структуры
 - г) Поверхность раздела фаз
5. **Какие дефекты относятся к точечным дефектам?**
- а) Дислокации
 - б) Вакансии и межузельные атомы
 - в) Границы зёрен
 - г) Двойники
6. **Какой фазовый переход сопровождается поглощением тепла?**
- а) Кристаллизация
 - б) Плавление
 - в) Конденсация
 - г) Сублимация
7. **Что такое обратная решётка?**
- а) Решётка, образованная дефектами кристалла
 - б) Математическое преобразование, используемое для описания дифракции
 - в) Решётка, повернутая на 90°
 - г) Решётка, построенная из межузельных атомов
8. **Какой параметр характеризует симметрию кристалла?**
- а) Только период решётки
 - б) Набор элементов симметрии (оси, плоскости, центр)
 - в) Только угол между осями
 - г) Только плотность упаковки
9. **Что называется фазовым переходом первого рода?**
- а) Переход без скачка объёма и энтропии
 - б) Переход со скачком объёма и скрытой теплотой
 - в) Переход, происходящий только при высоких температурах
 - г) Переход, не сопровождающийся изменением структуры
10. **Какое изменение происходит при фазовом переходе второго рода?**
- а) Скачок объёма
 - б) Выделение скрытой теплоты
 - в) Скачок теплоёмкости при сохранении объёма
 - г) Изменение химического состава
11. **Что такое пространственная группа симметрии?**
- а) Совокупность операций трансляционной симметрии кристалла
 - б) Совокупность всех элементов симметрии кристалла (точечных и трансляционных)
 - в) Только зеркальные плоскости
 - г) Только центр инверсии
12. **Какое из перечисленных веществ является примером кристалла?**
- а) Стекло
 - б) Кварц
 - в) Пластмасса
 - г) Резина
13. **Что происходит при нагревании кристалла через точку плавления?**
- а) Разрушается дальний порядок, ближний порядок сохраняется
 - б) Полностью разрушается и дальний, и ближний порядок
 - в) Сохраняется дальний порядок
 - г) Ничего не меняется

14. Как называются дефекты, представляющие собой линию, вдоль которой нарушено правильное расположение атомов?

- а) Точечные дефекты
- б) Линейные дефекты (дислокации)
- в) Поверхностные дефекты
- г) Объёмные дефекты

15. Что такое полиморфизм?

- а) Способность вещества существовать в разных кристаллических модификациях
- б) Способность вещества образовывать стекло
- в) Наличие нескольких изотопов
- г) Способность к пластической деформации

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине **Примерный перечень вопросов для зачета:**

1. Основные понятия кристаллографии: кристаллическая решётка, элементарная ячейка, сингонии.
2. Пространственные группы симметрии и их роль в описании кристаллической структуры.
3. Точечные, линейные и поверхностные дефекты кристаллов: типы, влияние на свойства, методы выявления.
4. Фазовые переходы первого и второго рода: термодинамические критерии, примеры.
5. Диаграммы состояния бинарных систем и их использование для выбора условий кристаллизации.
6. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование: критический размер зародыша, энергетический барьер, скорость зародышеобразования.
7. Влияние пересыщения и примесей на процесс зародышеобразования.
8. Метод Чохральского: схема установки, основные параметры, достоинства и недостатки.
9. Метод Бриджмена–Стокбаргера: конструкция, принцип направленной кристаллизации, особенности теплового режима.
10. Метод зонной плавки: физические основы, применение для очистки и выращивания кристаллов.
11. Метод Вернейля: особенности, достоинства, ограничения.
12. Сравнительный анализ методов выращивания монокристаллов из расплава: критерии выбора для различных материалов.
13. Инструментальное обеспечение ростовых установок: конструкции тиглей, нагреватели, системы контроля и управления.

14. Проектирование тепловых полей кристаллизатора: роль теплового градиента, форма фронта кристаллизации, влияние на распределение примесей и дефектов.
15. Компьютерное моделирование температурных полей и его роль в оптимизации процессов роста.
16. Дислокации в монокристаллах: образование, методы выявления, оценка плотности дислокаций.
17. Макродефекты: причины возникновения и способы устранения.
18. Рентгеновские методы контроля качества монокристаллов: дифракция, лауэграммы, определение ориентации кристалла, кривые качания.
19. Техника безопасности при выращивании монокристаллов: работа с высокими температурами, вакуумными системами, инертными газами, химическими реагентами.
20. Молекулярно-лучевая эпитаксия: принцип, оборудование, управление толщиной и составом слоёв.
21. Химическое осаждение из газовой фазы: основные процессы, виды, применение для эпитаксии.
22. Создание квантовых гетероструктур: технологические подходы, контроль размеров и состава.
23. Методы определения структурного совершенства эпитаксиальных слоёв.
24. Применение монокристаллов в оптоэлектронике: подложки для светодиодов, лазерных диодов, фотодетекторов. Требования к кристаллическому качеству.
25. Интеграция монокристаллических материалов в солнечную энергетику, силовую электронику и лазерную технику.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень.	отлично	зачтено	86-100

		Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Антипов, В. В. Технология материалов и изделий электронной техники. Раздел:

выращивание монокристаллов из расплава: лабораторный практикум / В. В. Антипов, К. М. Розин. — Москва: МИСиС, 2002. — 109 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=372664>

2. Горелик, С. С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для вузов / С. С. Горелик, М. Я. Дашевский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: МИСиС, 2003. — 480 с. — ISBN 5-87623-018-7. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=369012>

Дополнительная литература:

1. Портнов, О. Г. Технология объемных монокристаллов полупроводников и диэлектриков: выращивание технологичных монокристаллов иодата лития для устройств нелинейной оптики: учебное пособие / О. Г. Портнов; под ред. В. В. Антипова. — Москва: МИСиС, 2014. — 143 с. — ISBN 978-5-87623-799-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=369853>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

—систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

—серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

—установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения — мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технология производства солнечных элементов и модулей».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-технологических принципах, материалах и методах изготовления солнечных элементов и фотоэлектрических модулей, а также практических навыков проектирования и организации их производства для эффективного использования в наукоёмких энергетических системах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физико-технологические основы и конструктивные особенности производства солнечных элементов и модулей, требования к оформлению конструкторской документации и 3D-моделям, методы моделирования фотоэлектрических преобразователей. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели солнечных элементов и модулей с учётом технологичности, строить расчётные модели в САЕ-системах для оценки оптических, тепловых и электрических параметров, проводить стационарные и нестационарные расчёты эффективности преобразования энергии. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей фотоэлектрических устройств, методами численного моделирования в САЕ-средах, приёмами оптимизации конструкций для повышения энергоэффективности и рационального использования ресурсов.

ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: конструктивные особенности, свойства материалов и технологические требования к производству солнечных элементов и модулей, а также методы и средства контроля и измерения параметров фотоэлектрических преобразователей. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять оборудование для контроля и измерения параметров и проводить испытания для подтверждения свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией, методами метрологического контроля и испытаний, а также приемами интерпретации результатов для оценки соответствия продукции техническим требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология производства солнечных элементов и модулей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно

реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования	Генерация, разделение и рекомбинация носителей заряда, энергетические зоны полупроводников, принципы работы солнечного элемента в контексте архитектуры устройств
2.	Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)	Полный технологический цикл кремниевых СЭ: выращивание монокристаллов (Чохральский), резка пластин, текстурирование поверхности, диффузия легирующих примесей, пассивация и формирование p-n перехода
3.	Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов	Методы осаждения функциональных слоёв (CVD, PVD, магнетронное напыление), технологии перовскитных поглотителей, архитектуры гибких и лёгких фотоэлектрических структур
4.	Оборудование и производственные линии	Промышленные установки для фотолитографии, вакуумные системы, реакторы осаждения, автоматизированные линии сборки и интеграция технологических модулей
5.	Архитектура и проектирование солнечных элементов	Инженерия структур PERC, TOPCon, HJT и тандемных элементов, оптимизация слоёв, расчет электрических и оптических параметров устройств
6.	Моделирование и численные методы	TCAD-моделирование процессов в полупроводниках, оптическое и тепловое моделирование, расчёт I-V характеристик и эффективности преобразования
7.	Контроль качества и метрология	Измерение I-V и EQE характеристик, дефектоскопия, контроль толщины слоёв, статистический анализ стабильности технологических процессов
8.	Экологическая безопасность и устойчивость производства	Работа с токсичными прекурсорами, утилизация материалов, экологические риски производства кремниевых и перовскитных технологий, жизненный цикл модулей
9.	Современные промышленные технологии	Массовое внедрение PERC, TOPCon и HJT технологий, развитие тандемных кремний-перовскитных структур, повышение КПД и снижение себестоимости
10.	Интеграция и применение фотоэлектрических систем	Проектирование солнечных электростанций, автономные энергосистемы, интеграция модулей в энергосети и строительные конструкции

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Что такое фотоэлектрический эффект в полупроводниках? Как образуется p-n переход и как он разделяет носители заряда? Какие параметры определяют вольт-амперную характеристику солнечного элемента? Влияние ширины запрещённой зоны на эффективность. Механизмы рекомбинации и способы их подавления.

Тема 2: Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)

Вопросы для обсуждения: Получение мультикристаллического и монокристаллического кремния. Процессы текстурирования, диффузии фосфора и бора. Формирование фронтальных и тыльных контактов. Пассивация поверхности. Технология PERC и её модификации.

Тема 3: Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов

Вопросы для обсуждения: Типы тонкоплёночных технологий. Методы нанесения плёнок. Структура перовскитных элементов. Достоинства и недостатки, вопросы стабильности. Проблемы масштабирования.

Тема 4: Оборудование и производственные линии

Вопросы для обсуждения: Установки для очистки, диффузии, плазмохимического осаждения, печи для отжига. Линии трафаретной печати и сушки.

Тема 5: Архитектура и проектирование солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Топология контактов. Влияние ширины пальцев и их шага. Затенение и эффективность. Проектирование антиотражающих покрытий.

Тема 6: Моделирование и численные методы

Вопросы для обсуждения: Использование TCAD для моделирования p-n перехода. Уравнение Пуассона и непрерывности. Оптическое моделирование. Расчёт внешних квантовых характеристик и эффективности. Оптимизация геометрических параметров.

Тема 7: Контроль качества и метрология

Вопросы для обсуждения: Измерение вольт-амперных характеристик. Определение последовательного и шунтирующего сопротивления. Квантовая эффективность.

Тема 8: Экологическая безопасность и устойчивость производства

Вопросы для обсуждения: Утилизация отходов. Переработка солнечных модулей в конце жизненного цикла. Токсичность материалов. Энергетический баланс. Сертификация по стандартам.

Тема 9: Современные промышленные технологии

Вопросы для обсуждения: Гетеропереходные элементы. Тандемные элементы на основе кремния и перовскита. Элементы с селективными контактами.

Тема 10: Интеграция и применение фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: От солнечного элемента к модулю: герметизация, байпасные диоды. Типы монтажа. Мониторинг и эксплуатация.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Определение факторов идеальности. Расчёт спектральной чувствительности. Решение задач на определение эффективности по заданным параметрам.

Тема 2: Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)

Вопросы для обсуждения: Выбор режимов диффузии.

Тема 3: Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы лабораторного синтеза перовскита.

Тема 4: Оборудование и производственные линии

Вопросы для обсуждения: Знакомство с технологическими картами оборудования. Расчёт

производительности линии. Определение себестоимости одного ватта. Анализ критических точек контроля.

Тема 5: Архитектура и проектирование солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Проектирование топологии контактов для заданного размера пластины. Расчёт потерь на затенение.

Тема 6: Моделирование и численные методы

Вопросы для обсуждения: Работа в бесплатной программе для моделирования. Анализ влияния времени жизни носителей на эффективность. Построение спектральной характеристики.

Тема 7: Контроль качества и метрология

Вопросы для обсуждения: Оценка повторяемости измерений. Заполнение протокола тестирования.

Тема 8: Экологическая безопасность и устойчивость производства

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетического баланса производства. Разработка плана переработки отходов.

Тема 9: Современные промышленные технологии

Вопросы для обсуждения: Оценка коммерческой эффективности тандемных элементов.

Тема 10: Интеграция и применение фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт необходимой площади модулей для заданной нагрузки. Выбор инвертора. Оценка выработки с учётом климатических данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования. Технология кремниевых солнечных элементов. Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов. Оборудование и производственные линии. Архитектура и проектирование солнечных элементов. Моделирование и численные методы. Контроль качества и метрология. Экологическая безопасность и устойчивость производства. Современные промышленные технологии. Интеграция и применение фотоэлектрических систем.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт толщины поглощающего слоя для тонкоплёночных элементов. Оценка производительности и себестоимости оборудования. Проектирование топологии контактов и антиотражающих покрытий. Моделирование солнечных элементов в специализированных программах. Расчёт энергетического баланса и жизненного цикла. Сравнение современных промышленных технологий. Разработка эскизного проекта солнечной электростанции.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы фотоэлектрического преобразования. Технологические процессы получения кремниевых, тонкоплёночных и перовскитных элементов. Принципы работы и устройство производственного оборудования. Методы контроля качества и метрологии. Архитектурные решения и моделирование. Экологические аспекты производства. Современные промышленные технологии. Интеграция фотоэлектрических систем.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории,

формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Оборудование и производственные линии	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Архитектура и проектирование солнечных элементов	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Моделирование и численные методы	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Контроль качества и метрология	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Экологическая безопасность и устойчивость производства	ПК-1, ПК-2	Тестирование

Современные технологии	индустриальные	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Интеграция и применение фотоэлектрических систем		ПК-1, ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования»

- Какой физический эффект лежит в основе работы солнечного элемента?**
 - Эффект Зеемана
 - Внутренний фотоэффект в полупроводниках
 - Эффект Комптона
 - Эффект Пельтье
- Что происходит в полупроводнике при поглощении фотона с энергией больше ширины запрещённой зоны?**
 - Рождение электрон-дырочной пары
 - Выделение тепла
 - Излучение фотона меньшей энергии
 - Ионизация примеси
- Какая область р-п перехода отвечает за разделение фотогенерированных носителей заряда?**
 - Область пространственного заряда
 - Эмиттер
 - База
 - Тыльный контакт
- Какой параметр является основным для оценки эффективности солнечного элемента?**
 - Ёмкость перехода
 - Коэффициент полезного действия
 - Температурный коэффициент напряжения
 - Сопротивление изоляции
- Какое выражение описывает идеальную вольт-амперную характеристику (ВАХ) р-п перехода при освещении?**
 - $I = I_0(\exp(qV/kT) - 1) - I_\phi$
 - $I = I_\phi + I_0(\exp(qV/kT) - 1)$
 - $I = I_0 - I_\phi(\exp(qV/kT) - 1)$
 - $I = I_\phi(\exp(qV/kT) - 1) - I_0$
- Что такое «ток короткого замыкания» (I_{sc}) солнечного элемента?**
 - Ток при нулевом напряжении на нагрузке
 - Ток при максимальной мощности
 - Ток при напряжении, равном напряжению холостого хода
 - Ток, определяемый только тёмной ВАХ
- Что такое «напряжение холостого хода» (V_{oc}) солнечного элемента?**
 - Напряжение при нулевом токе
 - Напряжение при максимальной мощности
 - Напряжение при коротком замыкании
 - Напряжение, при котором мощность максимальна

8. Как влияет увеличение ширины запрещённой зоны (E_g) на V_{oc} при прочих равных условиях?
- а) V_{oc} увеличивается
 - б) V_{oc} уменьшается
 - в) V_{oc} не изменяется
 - г) V_{oc} сначала растёт, потом падает
9. Какой механизм рекомбинации преобладает в высококачественном монокристаллическом кремнии при средних уровнях инжекции?
- а) Оже-рекомбинация
 - б) Рекомбинация через дефекты (Шокли-Рид-Холла)
 - в) Излучательная рекомбинация
 - г) Поверхностная рекомбинация
10. Что такое фактор заполнения (Fill Factor, FF) солнечного элемента?
- а) $FF = P_{max} / (V_{oc} \cdot I_{sc})$
 - б) $FF = V_{oc} \cdot I_{sc} / P_{max}$
 - в) $FF = (V_{oc} \cdot I_{sc}) / (V_{mp} \cdot I_{mp})$
 - г) $FF = P_{max} / (V_{mp} \cdot I_{mp})$
11. Какое влияние на эффективность солнечного элемента оказывает увеличение последовательного сопротивления (R_s)?
- а) Увеличивает FF
 - б) Уменьшает FF
 - в) Не влияет
 - г) Увеличивает I_{sc}
12. Что происходит с током короткого замыкания при повышении температуры солнечного элемента?
- а) Незначительно увеличивается
 - б) Значительно уменьшается
 - в) Не изменяется
 - г) Резко падает до нуля
13. Какое приближение используется для расчёта спектральной чувствительности солнечного элемента?
- а) Модель Эйнштейна
 - б) Модель генерации носителей с учётом отражения и поглощения
 - в) Модель идеального газа
 - г) Модель Дебая
14. Какой параметр солнечного элемента определяет его способность преобразовывать свет различных длин волн?
- а) Температурный коэффициент
 - б) Спектральная характеристика (EQE)
 - в) Выходное сопротивление
 - г) Диффузионная длина
15. Какой способ уменьшения отражения света от поверхности солнечного элемента наиболее распространён в промышленности?
- а) Нанесение антиотражающего покрытия
 - б) Увеличение толщины элемента
 - в) Использование металлического зеркала
 - г) Легирование поверхности золотом

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов для зачета:

1. Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования. Механизм возникновения фотоЭДС в p-n переходе.
2. Уравнение вольт-амперной характеристики солнечного элемента при освещении. Параметры I_{sc} , V_{oc} , FF, η .
3. Влияние ширины запрещённой зоны полупроводника на эффективность солнечного элемента. Оптимальное значение E_g для одно- и многопереходных структур.
4. Механизмы рекомбинации носителей заряда в объёме и на поверхности. Способы пассивации поверхности.
5. Технология получения мультикристаллического и монокристаллического кремния методами Чохральского, Бриджмена и зонной плавки.
6. Основные технологические операции изготовления кремниевого солнечного элемента: текстурирование, диффузия, контактная печать, пассивация.
7. Технология PERC: конструкция, преимущества, ключевые этапы производства.
8. Технология TOPCon: принцип работы, особенности изготовления, сравнение с PERC.
9. Гетеропереходные солнечные элементы: структура, технология осаждения аморфного кремния, преимущества перед гомопереходными.
10. Тонкоплёночные технологии: CIGS, CdTe, аморфный кремний. Методы нанесения: магнетронное распыление, испарение, CVD.
11. Перовскитные солнечные элементы: структура, материалы, методы синтеза перовскитного слоя. Стабильность и вопросы масштабирования.
12. Тандемные солнечные элементы на основе кремния и перовскита: принцип расширения спектральной чувствительности, достигнутые КПД, технологические решения.
13. Оборудование для производства кремниевых элементов: диффузионные печи, установки PECVD для пассивации, линии трафаретной печати.
14. Оборудование для производства тонкоплёночных модулей: вакуумные установки спутерные и испарительные, лазерный скрайбинг, ламинаторы.
15. Контроль качества в процессе производства солнечных элементов: методы измерения ВАХ с использованием солнечных симуляторов, спектральной чувствительности EQE, электролюминесцентная и фотолюминесцентная диагностика.
16. Метрология солнечных элементов: определение последовательного и шунтирующего сопротивления, фактора заполнения, эффективности. Методы сортировки.
17. Архитектура солнечного элемента: топология контактов пальцы и шины, антиотражающее покрытие, выбор толщины эмиттера и базы. Влияние затенения на эффективность.
18. Моделирование солнечных элементов в TCAD: уравнения Пуассона и непрерывности, определение основных оптических и электрических параметров.

19. Проектирование солнечного модуля: схема соединения элементов последовательное и параллельное, байпасные диоды, герметизирующие материалы EVA, стекло, backsheet.
20. Экологическая безопасность и устойчивость производства солнечных модулей: токсичные материалы кадмий и свинец, утилизация, энергетический баланс EPBT, сертификация по стандартам ISO 14001, RoHS.
21. Современные промышленные технологии: элементы с селективными контактами, IBC, бифасциальные элементы.
22. Автоматизация производства и цифровизация: MES-системы, применение машинного зрения и искусственного интеллекта для контроля качества.
23. Интеграция фотоэлектрических систем: наземные и крышные электростанции, BIPV, плавучие солнечные станции, космические применения.
24. Экономика производства солнечных элементов и модулей: себестоимость одного ватта, факторы снижения затрат, окупаемость инвестиций.
25. Надёжность и долговечность солнечных модулей: ускоренные испытания термоциклирование, влажное тепло, механические нагрузки, стандарты IEC 61215, IEC 61730.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и	Включает нижестоящий	хорошо		71-85

	умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющей (достаточной)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточной	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Развитие ВИЭ [Возобновляемых источников энергии] в России: технологии и экономика: учебное пособие / под ред. В. А. Зубакина, А. Е. Копылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Грифон, 2025.

Дополнительная литература:

1. Велькин, В. И. Возобновляемая энергетика и энергосбережение: учебник для вузов / В. И. Велькин, Я. М. Щелоков, С. Е. Щеклеин; под общей редакцией В. И. Велькина. — Москва ; Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2020. — 312 с. — ISBN 978-5-7996-3122-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424212>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
ЭБС Консультант студента
ПРОСПЕКТ ЭБС
Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы проектирования в солнечной энергетике».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области проектирования фотоэлектрических систем различного назначения, включая анализ технических и экономических параметров, а также обоснованный выбор компонентов и режимов работы для эффективного применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физические принципы фотоэлектрического преобразования, методы расчёта солнечного ресурса и энергетических характеристик систем, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям с учётом технологичности. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели фотоэлектрических систем, строить расчётные модели в САЕ-системах для оценки эффективности, проводить стационарные и нестационарные расчёты выработки энергии. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей, методами численного моделирования фотоэлектрических установок, приёмами оптимизации конфигурации для рационального использования ресурсов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы проектирования в солнечной энергетике» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной

профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования	Спектральный состав солнечного излучения, геометрия инсоляции, базовые принципы генерации тока в полупроводниковых структурах
2.	Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов	Полупроводниковые материалы, структура p-n перехода, современные технологии (TOPCon, HJT, PERC), электрические параметры модулей
3.	Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации	Оценка инсоляции, климатические модели, ТМУ-данные, расчет энергетического выхода PV-систем
4.	Инструменты инженерного проектирования	Программные средства моделирования PV-систем, базы метеоданных, методы геоаналитики и расчетных алгоритмов
5.	Проектирование фотоэлектрических систем	Конфигурация сетевых и автономных систем, выбор инверторов, аккумуляторов, схем подключения и архитектуры системы
6.	Проектная документация и авторский надзор	Разработка проектной документации, схемы подключений, спецификации оборудования, сопровождение проектных решений без акцента на монтаж
7.	Контроль, диагностика и тестирование PV-систем	Методы проверки характеристик модулей и систем, верификация расчетных моделей, мониторинг производительности
8.	Современные технологии солнечной энергетики	Двусторонние модули (bifacial), перовскитные элементы, трекерные системы, высокоэффективные архитектуры нового поколения
9.	Комплексные энергетические системы и	Интеграция с накопителями энергии (ESS), Smart Grid, гибридные энергетические системы и

	интеграция	распределённая генерация

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Солнечная постоянная и спектр солнечного излучения. Положение Солнца на небосводе и расчёт падающей радиации. Фотоэлектрический эффект в полупроводниках и образование p-n перехода. Вольт-амперная характеристика солнечного элемента.

Тема 2: Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов

Вопросы для обсуждения: Влияние ширины запрещённой зоны на эффективность преобразования. Спектральная чувствительность и квантовая эффективность. Паспортные данные солнечных модулей.

Тема 3: Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации

Вопросы для обсуждения: Источники данных о солнечной радиации: спутниковые данные, наземные станции, климатические атласы. Расчёт по среднемесячным значениям и типовым метеорологическим годам. Учёт затенения от близлежащих объектов и рельефа.

Тема 4: Инструменты инженерного проектирования

Вопросы для обсуждения: САД-системы для разработки топологии размещения солнечных модулей. САЕ-инструменты для моделирования тепловых и электрических режимов. Стационарные расчёты нагрузок и ветровых воздействий.

Тема 5: Проектирование фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: Типы фотоэлектрических систем: автономные, сетевые, гибридные, и критерии их выбора. Этапы проектирования фотоэлектрической станции. Выбор конфигурации модулей и инверторов.

Тема 6: Проектная документация и авторский надзор

Вопросы для обсуждения: Состав проектной документации на фотоэлектрическую систему. Требования к чертежам и схемам. Спецификации оборудования и материалов.

Тема 7: Контроль, диагностика и тестирование PV-систем

Вопросы для обсуждения: Методы контроля качества на этапе приёмки оборудования. Измерение вольт-амперных характеристик на месте эксплуатации. Тепловизионная диагностика солнечных модулей. Мониторинг выработки и раннее обнаружение неисправностей.

Тема 8: Современные технологии солнечной энергетики

Вопросы для обсуждения: Двусторонние солнечные модули. Системы слежения за Солнцем. Плавающие солнечные электростанции. Интеграция солнечных элементов в строительные конструкции. Накопители энергии нового поколения.

Тема 9: Комплексные энергетические системы и интеграция

Вопросы для обсуждения: Совместное использование солнечной и ветровой энергии. Гибридные системы с дизельными генераторами. Взаимодействие с электрическими сетями и управление нагрузкой. Микросети на основе возобновляемых источников энергии. Перспективы полной энергетической автономии.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Расчёт положения Солнца для заданной широты и времени года. Определение суммарной солнечной радиации на наклонную поверхность. Решение задач на расчёт тока короткого замыкания и напряжения холостого хода.

Тема 2: Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов

Вопросы для обсуждения: Выбор типа солнечного модуля для конкретных климатических условий. Расчёт температурного коэффициента мощности. Определение эффективности модуля по паспортным данным.

Тема 3: Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации

Вопросы для обсуждения: Работа в демо-версии специализированного программного обеспечения. Импорт метеоданных для заданной локации.

Тема 4: Инструменты инженерного проектирования

Вопросы для обсуждения: Создание 3D-модели опорной конструкции для солнечной панели в САД. Проектирование компоновки модулей на плоской крыше. Выполнение конечно-элементного расчёта на ветровую нагрузку.

Тема 5: Проектирование фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт необходимого количества модулей для заданной пиковой мощности. Выбор инвертора по напряжению и току. Определение потерь в кабелях и подбор сечения проводки.

Тема 6: Проектная документация и авторский надзор

Вопросы для обсуждения: Разработка однолинейной электрической схемы фотоэлектрической системы. Заполнение спецификации оборудования по форме. Оформление плана расположения модулей на участке. Составление графика авторского надзора. Анализ типовых ошибок в проектах.

Тема 7: Контроль, диагностика и тестирование PV-систем

Вопросы для обсуждения: Проведение виртуального тестирования работы инвертора. Интерпретация тепловизионных снимков модуля.

Тема 8: Современные технологии солнечной энергетики

Вопросы для обсуждения: Сравнение экономической эффективности двусторонних модулей и трекеров.

Тема 9: Комплексные энергетические системы и интеграция

Вопросы для обсуждения: Подбор дизель-генератора для гибридной системы с заданной долей солнечной энергии. Расчёт минимальной ёмкости аккумуляторов для стабилизации.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования. Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов. Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации. Инструменты инженерного проектирования. Проектирование фотоэлектрических систем. Проектная документация и авторский надзор. Контроль, диагностика и тестирование фотоэлектрических систем. Современные технологии солнечной энергетики. Комплексные энергетические системы и интеграция.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт положения Солнца и суммарной радиации на наклонную поверхность. Расчёт тока короткого замыкания и напряжения холостого хода. Построение вольт-амперной характеристики. Выбор типа солнечного модуля для заданных климатических условий. Разработка однолинейной электрической схемы. Интерпретация тепловизионных снимков и расчёт ожидаемой выработки. Сравнение экономической эффективности различных технологий. Расчёт минимальной ёмкости аккумуляторов для гибридной системы.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение

пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы фотоэлектрического преобразования. Вольт-амперная характеристика и основные параметры солнечных элементов. Материалы для солнечных модулей. Методы расчёта солнечного ресурса. Программные средства моделирования.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования	ПК-1	Тестирование
Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов	ПК-1	Тестирование
Методы расчёта солнечного ресурса	ПК-1	Тестирование

и моделирование генерации		
Инструменты инженерного проектирования	ПК-1	Тестирование
Проектирование фотоэлектрических систем	ПК-1	Тестирование
Проектная документация и авторский надзор	ПК-1	Тестирование
Контроль, диагностика и тестирование PV-систем	ПК-1	Тестирование
Современные технологии солнечной энергетики	ПК-1	Тестирование
Комплексные энергетические системы и интеграция	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования»

- Что такое солнечная постоянная?**
 - Поток солнечной энергии на поверхности Земли в полдень
 - Поток солнечной энергии на верхней границе атмосферы при среднем расстоянии Земли от Солнца
 - Мощность излучения Солнца, отнесённая к единице поверхности Солнца
 - Энергия, излучаемая Солнцем за одну секунду
- Какой диапазон длин волн составляет основную долю энергии в спектре солнечного излучения у поверхности Земли?**
 - Ультрафиолетовый (100–400 нм)
 - Видимый и ближний инфракрасный (400–2500 нм)
 - Дальний инфракрасный (2500 нм – 1 мм)
 - Рентгеновский
- Какое излучение учитывается при расчёте суммарной солнечной радиации, падающей на наклонную поверхность?**
 - Только прямое
 - Только рассеянное
 - Прямое, рассеянное и отражённое от земли
 - Только отражённое
- Какой угол определяет высоту Солнца над горизонтом?**
 - Угол между направлением на Солнце и плоскостью горизонта
 - Азимут Солнца
 - Часовой угол
 - Угол наклона поверхности
- Что происходит в полупроводнике при поглощении фотона с энергией больше ширины запрещённой зоны?**
 - Рождается электрон-дырочная пара
 - Электрон переходит на более низкий энергетический уровень
 - Выделяется тепло
 - Происходит рекомбинация
- Какая область р-п перехода наиболее эффективно разделяет фотогенерированные носители заряда?**
 - Область пространственного заряда

- б) Нейтральная область эмиттера
 - в) Нейтральная область базы
 - г) Контактная область
7. **Что представляет собой вольт-амперная характеристика (ВАХ) солнечного элемента при освещении?**
- а) Зависимость тока от напряжения при постоянном сопротивлении нагрузки
 - б) Семейство кривых для разных температур
 - в) Смещение тёмной ВАХ вниз на величину фототока
 - г) Прямая линия с отрицательным наклоном
8. **Какой параметр солнечного элемента определяется как отношение максимальной выходной мощности к произведению тока короткого замыкания и напряжения холостого хода?**
- а) Квантовая эффективность
 - б) Фактор заполнения (Fill Factor)
 - в) Коэффициент полезного действия
 - г) Температурный коэффициент
9. **Как изменяется напряжение холостого хода кремниевого солнечного элемента при увеличении температуры?**
- а) Линейно возрастает
 - б) Линейно уменьшается
 - в) Не изменяется
 - г) Сначала возрастает, затем падает
10. **Какой механизм рекомбинации связан с наличием примесных центров или дефектов кристаллической решётки?**
- а) Излучательная рекомбинация
 - б) Оже-рекомбинация
 - в) Рекомбинация Шокли-Рид-Холла
 - г) Поверхностная рекомбинация
11. **Что такое спектральная чувствительность солнечного элемента?**
- а) Зависимость фототока от длины волны падающего света
 - б) Зависимость напряжения от температуры
 - в) Зависимость эффективности от угла падения
 - г) Зависимость тока от интенсивности освещения
12. **Каков оптимальный диапазон ширины запрещённой зоны для однопереходных солнечных элементов при наземном применении?**
- а) 0,5 – 1,0 эВ
 - б) 1,0 – 1,6 эВ
 - в) 1,6 – 2,2 эВ
 - г) 2,2 – 3,0 эВ
13. **Что такое ток короткого замыкания солнечного элемента?**
- а) Ток при нулевом напряжении на нагрузке
 - б) Максимальный ток, который может отдать элемент
 - в) Ток, при котором мощность максимальна
 - г) Ток утечки через шунтирующее сопротивление
14. **Какое соотношение между током короткого замыкания (I_{sc}) и фототоком (I_{ph}) для качественного солнечного элемента?**
- а) $I_{sc} \approx I_{ph}$
 - б) $I_{sc} \approx 2 I_{ph}$
 - в) $I_{sc} \approx I_{ph} / 2$
 - г) I_{sc} много меньше I_{ph}
15. **Какое явление приводит к тому, что часть поглощённой энергии не преобразуется в электричество?**

- а) Термализация носителей (потери на тепло)
- б) Эффект Зеемана
- в) Эффект Пельтье
- г) Эффект Комптона

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Что такое солнечная постоянная и каковы её численные значения?
2. Как изменяется спектр солнечного излучения при прохождении через атмосферу?
3. Какие параметры определяют положение Солнца на небосводе в заданной точке земной поверхности?
4. Как рассчитывается суммарная солнечная радиация, падающая на наклонную поверхность?
5. В чём заключается фотоэлектрический эффект в полупроводниках?
6. Как образуется р-п переход и почему он способен разделять фотогенерированные носители заряда?
7. Объясните вид вольт-амперной характеристики солнечного элемента при освещении.
8. Что такое ток короткого замыкания и напряжение холостого хода солнечного элемента?
9. Как определяется фактор заполнения и коэффициент полезного действия солнечного элемента?
10. Какие основные механизмы потерь энергии существуют в фотоэлектрическом преобразователе?
11. Как влияет ширина запрещённой зоны полупроводника на эффективность солнечного элемента?
12. Что такое спектральная чувствительность и квантовая эффективность?
13. Назовите основные материалы для изготовления солнечных элементов и их характеристики.
14. Каковы паспортные данные солнечного модуля в стандартных условиях испытаний (STC)?
15. Как влияет повышение температуры на выходные характеристики солнечного модуля?
16. Что такое номинальная рабочая температура элемента (NOCT) и для чего она используется?
17. Перечислите основные типы фотоэлектрических систем и критерии их выбора.
18. Какие источники данных о солнечной радиации применяются при проектировании?

19. Как проводится расчёт солнечного ресурса по среднемесячным значениям?
20. Что такое типовой метеорологический год и как он используется для моделирования выработки?
21. Как учитывается затенение от близлежащих объектов и рельефа при проектировании?
22. Назовите основные программные средства для моделирования выработки солнечной электростанции.
23. Какие этапы включает процесс проектирования фотоэлектрической системы?
24. Как выбирается конфигурация последовательного и параллельного соединения солнечных модулей?
25. По каким параметрам осуществляется выбор сетевого инвертора для солнечной электростанции?
26. Как рассчитывается необходимая ёмкость аккумуляторной батареи для автономной системы?
27. Как оптимизируются угол наклона и азимут ориентации солнечных модулей?
28. Какие САД-системы используются для разработки топологии размещения модулей?
29. Какие САЕ-инструменты применяются для расчёта ветровых и снеговых нагрузок на опорные конструкции?
30. Каков состав проектной документации на фотоэлектрическую систему в соответствии с российскими нормами?
31. Какие требования предъявляются к чертежам, схемам и спецификациям оборудования?
32. В чём заключается авторский надзор на этапах монтажа и пусконаладки?
33. Какие методы контроля качества применяются при приёмке оборудования солнечной электростанции?
34. Как проводится тепловизионная диагностика солнечных модулей и что она позволяет выявить?
35. Какие современные технологии повышают эффективность солнечных электростанций (бифасциальные модули, трекеры)?
36. Что такое плавучие солнечные электростанции и каковы их преимущества?
37. Как осуществляется интеграция солнечных элементов в строительные конструкции (BIPV)?
38. В чём особенности гибридных систем, сочетающих солнечную энергию с дизельными генераторами?

39. Как оценивается срок окупаемости и экономическая эффективность фотоэлектрической системы?

40. Какие перспективы развития солнечной энергетики и интеграции в умные энергосистемы (микросети) существуют?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические	хорошо		71-85

	инициативы	положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Развитие ВИЭ [Возобновляемых источников энергии] в России: технологии и экономика: учебное пособие / под ред. В. А. Зубакина, А. Е. Копылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Грифон, 2025.

Дополнительная литература:

1. Кашкаров, А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А. П. Кашкаров. — 2-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2021. — Текст: электронный // Znanium : электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858262>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Метрология солнечных элементов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области метрологического обеспечения фотоэлектрических преобразователей, включая физические принципы измерений, современные методы контроля параметров, обработку и оценку достоверности результатов, а также применение стандартизованных подходов к диагностике и испытаниям солнечных элементов для обеспечения качества и надёжности в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физико-технические основы и стандарты метрологического обеспечения фотоэлектрических преобразователей, методы электрических, оптических и спектральных измерений, принципы калибровки и верификации измерительного оборудования, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям измерительных систем. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели для метрологического оборудования, строить расчётные модели в САЕ-системах для оценки точностных характеристик, проводить стационарные и нестационарные расчёты параметров измерительных трактов, обрабатывать экспериментальные данные и оценивать неопределённости измерений. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей измерительных стендов, методами численного моделирования в САЕ-средах для оптимизации метрологических систем, приёмами калибровки, верификации и оценки

		достоверности результатов измерений для интеграции в проектные решения.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические основы и стандарты метрологического обеспечения фотоэлектрических преобразователей, принципы работы с измерительным и испытательным оборудованием, методы обработки данных и оценки неопределённостей, а также требования к конструкторской и технологической документации. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели для метрологических и испытательных систем, проводить расчёты в САЕ-средах, составлять программы испытаний, работать с документацией при проведении испытаний и применять специальное оборудование для диагностики и контроля параметров. Владеть: навыками проектирования измерительных установок, калибровки и верификации оборудования, обработки экспериментальных данных, разработки программ испытаний и использования современных методов визуализации и контроля качества солнечных элементов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Метрология солнечных элементов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике	Предмет и задачи метрологии фотоэлектрических преобразователей, физические основы работы солнечных элементов, роль измерений в верификации эффективности
2.	Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения	Параметры СЭ (I–V характеристики, КПД, FF), спектры AM1.5G и AM1.5D, влияние спектральных и температурных условий, особенности кремниевых, tandemных и перовскитных структур
3.	Методы электрических, оптических и спектральных измерений фотоэлектрических параметров	Электрические, оптические и спектральные методы измерений, определение внешней и внутренней квантовой эффективности, методы коррекции погрешностей
4.	Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов	Солнечные симуляторы класса AAA, SMU (source-measure units), спектрометры, системы EL/PL диагностики, калиброванные эталонные элементы
5.	Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов	Выбор и настройка измерительных конфигураций, юстировка оптических трактов, калибровка по эталонным образцам, проверка стабильности измерительных цепей
6.	Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей	Обработка I–V и P–V кривых, статистическая оценка погрешностей, аппроксимация однодиодной модели, анализ неопределённостей измерений
7.	Методы верификации измерительных систем и стандартизованные испытания по IEC	Верификация измерительных систем, межлабораторные сравнения, сертификационные испытания по IEC 60904, контроль воспроизводимости результатов
8.	Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа tandemных солнечных элементов	Методы EL/PL визуализации, диагностика дефектов, метрология tandemных и bifacial солнечных элементов, машинное обучение в анализе изображений и деградации

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике

Вопросы для обсуждения: Какие задачи решает метрология фотоэлектрических преобразователей. Почему точность измерений критична для развития солнечной энергетики. Какие международные организации разрабатывают стандарты.

Тема 2: Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения

Вопросы для обсуждения: Какие физические процессы лежат в основе работы солнечного элемента. Что такое условия STC. Какие стандарты солнечного излучения приняты в мировой практике.

Тема 3: Методы электрических, оптических и спектральных измерений фотоэлектрических параметров

Вопросы для обсуждения: Как измеряются вольт-амперные характеристики. Какими приборами определяют квантовую эффективность. Каковы методы измерения последовательного и шунтирующего сопротивлений.

Тема 4: Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов.

Вопросы для обсуждения: Какие типы солнечных симуляторов используются для измерений. Какое оборудование необходимо для измерения внешней квантовой эффективности. Что такое электролюминесцентная диагностика.

Тема 5: Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов

Вопросы для обсуждения: Как производится юстировка измерительного стенда. Какие этапы включает калибровка солнечного симулятора. Как обеспечивается прослеживаемость измерений к эталонам.

Тема 6: Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей

Вопросы для обсуждения: Как оцениваются случайные и систематические погрешности измерений. Что такое неопределённость измерений типа А и типа Б. Как рассчитывается суммарная и расширенная неопределённость.

Тема 7: Методы верификации измерительных систем и стандартизованные испытания по ИЕС

Вопросы для обсуждения: Каковы основные стандарты ИЕС для испытаний солнечных элементов. Как проводится верификация измерительных систем. Как организуются межлабораторные сличения.

Тема 8: Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа тандемных солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Как работает электролюминесцентная диагностика и какие дефекты она выявляет. Каковы методы диагностики тандемных солнечных элементов. Какие новые подходы к визуализации дефектов развиваются.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике

Вопросы для обсуждения: Изучение нормативной документации. Разбор примеров влияния погрешности измерений на экономические показатели.

Тема 2: Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт основных параметров солнечного элемента по ВАХ. Определение спектрального несоответствия.

Тема 3: Методы электрических, оптических и спектральных измерений фотоэлектрических параметров

Вопросы для обсуждения: Виртуальное измерение ВАХ с помощью симулятора. Определение последовательного и шунтирующего сопротивлений по наклону ВАХ.

Тема 4: Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов.

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством импульсного солнечного симулятора. Анализ паспортных данных измерительного оборудования.

Тема 5: Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов

Вопросы для обсуждения: Составление процедуры калибровки солнечного симулятора. Расчёт поправочных коэффициентов.

Тема 6: Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей

Вопросы для обсуждения: Расчёт среднего значения, дисперсии и стандартного отклонения. Оценка расширенной неопределённости.

Тема 7: Методы верификации измерительных систем и стандартизованные испытания по ИЕС

Вопросы для обсуждения: Составление плана квалификационных испытаний по ИЕС 61215. Оценка результатов испытаний.

Тема 8: Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа тандемных солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Интерпретация электролюминесцентных изображений. Анализ спектральной характеристики тандемного элемента.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей. Физико-технические основы работы солнечных элементов. Стандарты солнечного излучения. Методы электрических, оптических и спектральных измерений. Измерительное оборудование и системы диагностики. Конфигурация, юстировка и калибровка стендов. Обработка данных и оценка неопределённостей. Верификация по стандартам ИЕС. Современные методы диагностики дефектов и анализа тандемных элементов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ метрологических требований. Расчёт параметров солнечного элемента по ВАХ. Определение спектрального несоответствия. Виртуальные измерения ВАХ и квантовой эффективности. Оценка последовательного и шунтирующего сопротивлений. Калибровка солнечного симулятора. Расчёт среднего, дисперсии, неопределённости. Составление плана испытаний по ИЕС. Интерпретация электролюминесцентных изображений.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Метрологическое обеспечение фотоэлектрических измерений. Типы солнечных симуляторов. Калибровка и юстировка оборудования. Оценка неопределённости измерений. Электролюминесцентная и фотолуминесцентная диагностика. Анализ дефектов и тандемных структур.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Методы электрических, оптических и спектральных измерений	ПК-1, ПК-2	Тестирование

фотоэлектрических параметров		
Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Методы верификации измерительных систем и стандартизованные испытания по ИЕС	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа tandemных солнечных элементов	ПК-1, ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Что является основной задачей метрологии фотоэлектрических преобразователей?**
 - Увеличение КПД солнечных элементов
 - Обеспечение точности, воспроизводимости и прослеживаемости измерений параметров солнечных элементов
 - Разработка новых материалов для фотоэлектрических устройств
 - Снижение себестоимости производства
- Почему точность измерений критична для развития солнечной энергетики?**
 - Потому что солнечные элементы очень дороги
 - Потому что неточные измерения приводят к ошибкам в расчёте энергоэффективности и коммерческим спорам
 - Потому что измерения занимают много времени
 - Потому что все измерительные приборы импортные
- Какая международная организация разрабатывает основные стандарты для фотоэлектрических измерений?**
 - ISO
 - IEC
 - IEEE
 - ASTM
- Что такое прослеживаемость измерений?**
 - Возможность повторного измерения тем же прибором
 - Свойство результата измерения быть связанным с национальными или международными эталонами через калибровку
 - Возможность проводить измерения в любых условиях
 - Свойство прибора работать без сбоев
- Какой документ устанавливает требования к измерительному оборудованию для тестирования солнечных элементов?**

- а) IEC 60904
 - б) ISO 9001
 - в) IEC 61215
 - г) IEC 61730
6. **Что такое эталонный солнечный элемент?**
- а) Самый эффективный солнечный элемент в партии
 - б) Сертифицированный элемент с известными характеристиками, используемый для калибровки
 - в) Образец для демонстрации работы
 - г) Элемент, изготовленный в лаборатории
7. **Какую роль играет метрология в сертификации солнечных модулей?**
- а) Метрология не влияет на сертификацию
 - б) Без метрологически подтверждённых измерений невозможна выдача сертификата соответствия
 - в) Сертификация проводится только визуально
 - г) Метрология нужна только для научных целей
8. **Что означает понятие «неопределённость измерений»?**
- а) Погрешность, вызванная неправильной эксплуатацией прибора
 - б) Параметр, характеризующий разброс значений, приписываемый результату измерения
 - в) Отсутствие знаний о величине
 - г) Качество прибора
9. **Какой стандарт определяет требования к солнечным симуляторам?**
- а) IEC 60904-9
 - б) IEC 61215
 - в) ISO 17025
 - г) IEC 61730
10. **Что такое межлабораторные сличения?**
- а) Соревнования между лабораториями
 - б) Сравнение результатов измерений одного и того же образца разными лабораториями для оценки компетентности
 - в) Обмен образцами между лабораториями
 - г) Поверка приборов
11. **Какая классификация солнечных симуляторов существует по степени спектрального соответствия?**
- а) А, В, С (от лучшего к худшему)
 - б) 1, 2, 3
 - в) Высокий, средний, низкий
 - г) Промышленный, лабораторный, полевой
12. **Что такое STC (Standard Test Conditions) для солнечных элементов?**
- а) Температура 25°C, освещённость 1000 Вт/м², спектр AM1.5
 - б) Температура 20°C, освещённость 800 Вт/м², спектр AM0
 - в) Температура 30°C, освещённость 1200 Вт/м², спектр AM1.5G
 - г) Температура 0°C, освещённость 500 Вт/м², спектр AM2
13. **Почему важно проводить измерения при эталонных условиях?**
- а) Чтобы сравнивать характеристики разных модулей объективно
 - б) Чтобы упростить процедуру измерений
 - в) Чтобы снизить затраты на оборудование
 - г) Чтобы избежать нагрева модуля
14. **Что такое аккредитация испытательной лаборатории в области фотоэлектрики?**
- а) Получение лицензии на производство
 - б) Официальное признание компетентности лаборатории проводить определённые испытания и калибровки

- в) Регистрация в государственном реестре
 - г) Членство в международной ассоциации
15. **Как метрология способствует снижению коммерческих рисков в солнечной энергетике?**
- а) Путём стандартизации размеров модулей
 - б) Путём обеспечения достоверных данных о мощности, что предотвращает споры между производителем и покупателем
 - в) Путём удешевления оборудования
 - г) Путём увеличения гарантийного срока
16. **Какой стандарт описывает общие требования к измерению вольт-амперных характеристик фотоэлектрических приборов?**
- а) IEC 60904-1
 - б) IEC 60904-2
 - в) IEC 60891
 - г) IEC 61853
17. **Что такое референсный солнечный элемент?**
- а) Случайный элемент из партии
 - б) Элемент с известной спектральной чувствительностью, используемый для коррекции измерений
 - в) Дефектный элемент для обучения
 - г) Элемент, не подлежащий калибровке
18. **Какова цель международной системы взаимного признания результатов калибровки?**
- а) Удешевить калибровку
 - б) Обеспечить единообразие измерений в глобальном масштабе
 - в) Заменить национальные эталоны
 - г) Упростить торговлю измерительным оборудованием
19. **Какое требование предъявляется к измерительным приборам согласно ISO/IEC 17025?**
- а) Они должны быть новыми
 - б) Они должны быть прослеживаемы к национальным эталонам
 - в) Они должны быть импортными
 - г) Они должны работать на батарейках
20. **Что является конечной целью метрологического обеспечения фотоэлектрических преобразователей?**
- а) Повышение КПД солнечных элементов
 - б) Гарантия достоверности и сопоставимости результатов измерений во всём мире
 - в) Снижение затрат на производство
 - г) Увеличение срока службы солнечных модулей

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи метрологии фотоэлектрических преобразователей. Роль измерений в солнечной энергетике.
2. Организации, разрабатывающие стандарты в области фотоэлектрических измерений (IEC, ISO).
3. Понятие прослеживаемости измерений и её значение для сертификации солнечных модулей.

4. Эталонные и референсные солнечные элементы: назначение, требования, калибровка.
5. Стандартные условия измерений (STC) и их влияние на сопоставимость результатов.
6. Классификация солнечных симуляторов по спектральному соответствию, неоднородности и временной нестабильности (классы А, В, С).
7. Физические основы работы солнечного элемента и формирование вольт-амперной характеристики.
8. Основные электрические параметры солнечного элемента: I_{sc} , V_{oc} , P_{max} , FF, η .
9. Методы измерения вольт-амперных характеристик (однократное сканирование, импульсные методы).
10. Определение последовательного и шунтирующего сопротивлений по тёмной и освещённой ВАХ.
11. Измерение внешней квантовой эффективности (EQE) и спектральной чувствительности.
12. Устройство и принцип работы измерительных стендов для тестирования солнечных элементов.
13. Конфигурация, юстировка и калибровка солнечного симулятора.
14. Оценка спектрального несоответствия и расчёт поправочных коэффициентов.
15. Обработка экспериментальных данных: оценка случайных и систематических погрешностей.
16. Неопределённость измерений типа А и типа Б. Расчёт суммарной и расширенной неопределённости.
17. Основные стандарты IEC для испытаний солнечных элементов и модулей (IEC 60904, IEC 61215).
18. Верификация измерительных систем и межлабораторные сличения.
19. Современные методы диагностики дефектов: электролюминесценция, фотолюминесценция, тепловидение.
20. Особенности метрологии tandemных и многопереходных солнечных элементов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования)	Пятибалльная шкала (академическая)	Двухбалльная шкала	БРС, % освоения (рейтинг)

		компетенции, критерии оценки сформированности)	ческая) оценка	а, зачет	говая оценка)
Повыш енный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтен о	86-100
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител	не зачтен	Менее 55

БЙ		БНО	О	

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Развитие ВИЭ [Возобновляемых источников энергии] в России: технологии и экономика: учебное пособие / под ред. В. А. Зубакина, А. Е. Копылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Грифон, 2025.

Дополнительная литература:

1. Велькин, В. И. Возобновляемая энергетика и энергосбережение: учебник для вузов / В. И. Велькин, Я. М. Щелоков, С. Е. Щеклеин; под общей редакцией В. И. Велькина. — Москва; Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2020. — 312 с. — ISBN 978-5-7996-3122-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424212>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные

аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Накопители электрической энергии».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических навыков в области физико-химических и электроэнергетических основ работы накопителей электрической энергии, методов их диагностики, проектирования, моделирования, испытаний и эксплуатации для эффективного применения в энергетических системах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-химические и электроэнергетические принципы работы накопителей, методы их диагностики, проектирования и моделирования, а также требования к конструкторской и технологической документации. Уметь: работать с конструкторской документацией и 3D-моделями аккумуляторных систем, разрабатывать технологическую документацию, применять оборудование для контроля параметров и проводить испытания материалов. Владеть: навыками работы с документацией, методами контроля качества и оценки надёжности систем накопления энергии, приёмами интерпретации результатов испытаний для подтверждения соответствия техническим требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Накопители электрической энергии» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю,

выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике	Рассматриваются цели и задачи дисциплины, место накопителей энергии в структуре современных энергосистем, включая ВИЭ, транспорт и промышленность, а также основные вызовы энергетического перехода
2.	Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии	Изучаются базовые принципы преобразования и хранения энергии, электрохимические процессы, ключевые параметры аккумуляторов, суперконденсаторов и гибридных систем
3.	Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии	Анализируются литий-ионные, натрий-ионные, литий-серные, твердотельные аккумуляторы, а также водородные, механические и гибридные системы хранения энергии
4.	Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей	Рассматриваются методы циклических испытаний, спектроскопии электрохимического импеданса, вольтамперометрии и анализ деградации элементов
5.	Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)	Изучаются архитектуры аккумуляторных систем, методы балансировки ячеек, тепловое управление и алгоритмы защиты и управления состоянием батарей
6.	Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов	Рассматриваются модели эквивалентных схем, оценка состояния заряда и здоровья батарей, моделирование старения и прогнозирование ресурса
7.	Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом инженерных и эксплуатационных требований	Изучаются принципы компоновки модулей, электрическая и тепловая интеграция, а также требования безопасности при лабораторной и промышленной реализации
8.	Методы испытаний, контроля качества и оценки надежности систем накопления энергии	Рассматриваются стандартизированные процедуры тестирования, анализ отказов, термическая стабильность и методы оценки долговечности систем

9.	Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии	Анализируются новые материалы, твердотельные технологии, цифровые двойники, интеллектуальные системы управления и интеграция с smart grid
10.	Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах	Изучаются практические сценарии использования накопителей в электромобилях, возобновляемой энергетике, микросетях и системах стабилизации энергосетей

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике

Вопросы для обсуждения: Основные проблемы энергетики, решаемые системами накопления энергии. Роль накопителей в интеграции возобновляемых источников. Факторы, стимулирующие развитие технологий накопления. Основные области применения накопителей.

Тема 2: Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Физические и химические процессы в литий-ионных, свинцово-кислотных и никель-металлгидридных аккумуляторах. Понятия ёмкости, энергии, мощности, внутреннего сопротивления, КПД. Зависимость характеристик от температуры и тока нагрузки.

Тема 3: Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии

Вопросы для обсуждения: Основные типы накопителей: электрохимические, электростатические, электрохимические, тепловые. Сравнение литий-ионных, свинцово-кислотных, натрий-серных аккумуляторов, проточных редокс-батарей и суперконденсаторов по удельной энергии, мощности, сроку службы, безопасности, стоимости.

Тема 4: Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей

Вопросы для обсуждения: Основные измеряемые параметры: ёмкость, внутреннее сопротивление, саморазряд, кулоновская эффективность. Гальваностатическое и потенциостатическое циклирование. Метод электрохимической импедансной спектроскопии.

Тема 5: Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)

Вопросы для обсуждения: Состав аккумуляторной системы: ячейки, шины, корпус, охлаждение, BMS. Функции BMS: защита, балансировка, мониторинг, оценка состояния заряда и здоровья. Алгоритмы пассивной и активной балансировки.

Тема 6: Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов

Вопросы для обсуждения: Модели накопителей (эквивалентные электрические схемы, физико-химические модели). Идентификация параметров по импедансным спектрам. Механизмы старения (рост SEI, потеря активного материала). Прогнозирование остаточного ресурса.

Тема 7: Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом

инженерных и эксплуатационных требований

Вопросы для обсуждения: Выбор ячеек под заданную мощность и ёмкость. Расчёт последовательного и параллельного соединения. Требования к тепловому управлению и механической прочности. Материалы для корпусов и изоляции.

Тема 8: Методы испытаний, контроля качества и оценки надёжности систем накопления энергии

Вопросы для обсуждения: Стандарты испытаний (IEC, ISO, UN). Виды испытаний: электрические, климатические, механические, безопасности. Оценка надёжности и прогнозирование срока службы.

Тема 9: Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Новые технологии: твердотельные аккумуляторы, литий-серные, литий-воздушные, натрий-ионные. Преимущества и недостатки. Тренды повышения энергоплотности, снижения стоимости, обеспечения безопасности.

Тема 10: Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах

Вопросы для обсуждения: Применение для сглаживания пиков нагрузки, повышения качества электроэнергии. Использование в электромобилях, гибридных поездах, космических аппаратах. Роль в микросетях и виртуальных электростанциях.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике

Вопросы для обсуждения: Анализ статистики установленной мощности накопителей в мире. Оценка экономической эффективности проектов (сглаживание выработки СЭС, резервное питание ЦОД). Выбор технологии для конкретного сценария.

Тема 2: Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Расчёт теоретической удельной ёмкости электродных материалов по закону Фарадея. Построение кривых заряда-разряда. Расчёт энергии, мощности, КПД.

Тема 3: Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии

Вопросы для обсуждения: Заполнение таблицы сравнения типов накопителей (удельная энергия, мощность, стоимость за кВт·ч, срок службы, число циклов). Выбор технологии для заданного сценария.

Тема 4: Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей

Вопросы для обсуждения: Обработка данных заряд-разрядного теста (построение графика $U(Q)$, вычисление ёмкости, энергии, внутреннего сопротивления). Расчёт параметров по импедансному спектру.

Тема 5: Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)

Вопросы для обсуждения: Разработка принципиальной схемы BMS для заданной конфигурации (например, 4S). Выбор датчиков тока, напряжения, температуры. Алгоритм определения SOC методом кулонного счёта.

Тема 6: Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов

Вопросы для обсуждения: Идентификация параметров эквивалентной схемы (R_{int} , $RIC1$) по экспериментальным данным. Построение модели старения по кривым потери ёмкости. Прогнозирование остаточного ресурса.

Тема 7: Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом инженерных и эксплуатационных требований

Вопросы для обсуждения: Создание 3D-модели аккумуляторного модуля в CAD. Проектирование токоведущих шин. Расчёт тепловыделения и выбор системы охлаждения.

Тема 8: Методы испытаний, контроля качества и оценки надежности систем накопления энергии

Вопросы для обсуждения: Составление плана испытаний по стандарту для электромобильного аккумулятора. Анализ результатов тестов на безопасность. Расчёт показателей надёжности (интенсивность отказов, вероятность безотказной работы).

Тема 9: Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Чтение и анализ научных статей о твердотельных или натрий-ионных аккумуляторах. Оценка потенциала новых технологий по энергоплотности, стоимости, безопасности.

Тема 10: Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах

Вопросы для обсуждения: Расчёт требуемой ёмкости накопителя для автономной солнечной системы. Моделирование работы микросети с накопителем. Оценка срока окупаемости инвестиций в аккумуляторную систему хранения энергии.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физико-химические основы работы накопителей энергии. Классификация и сравнительный анализ технологий накопления. Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS). Методы испытаний, контроля качества и оценки надёжности.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт ёмкости, энергии, мощности, КПД по заряд-разрядным кривым. Сравнение характеристик различных типов накопителей. Идентификация параметров эквивалентной схемы по импедансным данным. Прогнозирование остаточного ресурса батареи. Создание 3D-модели аккумуляторного модуля.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физико-химические основы работы накопителей. Классификация технологий (Li-ion, свинцово-кислотные, суперконденсаторы). Функции BMS: защита, балансировка, мониторинг, оценка SOC/SOH. Методы испытаний (электрические, климатические, механические). Прогнозирование срока службы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных

теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике	ПК-2	Тестирование
Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии	ПК-2	Тестирование
Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии	ПК-2	Тестирование
Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей	ПК-2	Тестирование
Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)	ПК-2	Тестирование
Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов	ПК-2	Тестирование
Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом инженерных и эксплуатационных требований	ПК-2	Тестирование
Методы испытаний, контроля качества и оценки надежности систем	ПК-2	Тестирование

накопления энергии		
Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии	ПК-2	Тестирование
Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Какая основная проблема энергетики решается с помощью систем накопления электрической энергии (СНЭЭ)?**
 - Увеличение мощности электростанций
 - Снижение потерь в линиях электропередач
 - Сглаживание непостоянства выработки возобновляемых источников (солнца, ветра)
 - Замена трансформаторов
- Что является главным стимулом для развития технологий накопления энергии в мире?**
 - Снижение стоимости нефти
 - Необходимость интеграции солнечных и ветровых электростанций в энергосистему
 - Увеличение потребления угля
 - Запрет на использование атомной энергии
- В какой из перечисленных областей системы накопления энергии применяются наиболее широко?**
 - Только в космической отрасли
 - В бытовой технике, промышленности, на транспорте и в сетевой энергетике
 - Только в мобильных телефонах
 - Только на гидроэлектростанциях
- Как системы накопления помогают повысить качество электроэнергии в сети?**
 - Увеличивают напряжение
 - Компенсируют кратковременные провалы и скачки напряжения, стабилизируют частоту
 - Заменяют трансформаторы
 - Уменьшают активную мощность
- Что такое «peak shaving» применительно к системам накопления?**
 - Увеличение пиковой мощности
 - Сглаживание пиков потребления электроэнергии (заряд накопителя в дешевые часы, разряд в пиковые)
 - Отключение потребителей
 - Передача энергии на дальние расстояния
- Почему накопители энергии критически важны для автономных систем (например, для отдалённых посёлков на солнечных батареях)?**
 - Они дешевле генераторов

- б) Они обеспечивают энергией в ночное время и при отсутствии солнца
 - в) Они не требуют обслуживания
 - г) Они повышают напряжение
7. **Какая из перечисленных технологий накопления энергии наиболее распространена в электромобилях и портативной электронике?**
- а) Свинцово-кислотные аккумуляторы
 - б) Литий-ионные аккумуляторы
 - в) Проточные редокс-батареи
 - г) Суперконденсаторы
8. **Какое требование к системам накопления является наиболее важным для их применения в электромобилях?**
- а) Низкая стоимость
 - б) Высокая удельная энергия (ёмкость на единицу массы)
 - в) Простота утилизации
 - г) Большой саморазряд
9. **Как накопители энергии способствуют повышению надёжности электроснабжения промышленных предприятий?**
- а) Заменяют основную сеть
 - б) Служат источником бесперебойного питания (ИБП) при авариях и кратковременных отключениях
 - в) Увеличивают мощность генераторов
 - г) Снижают потребление
10. **Что понимается под «виртуальной электростанцией» (VPP) в контексте систем накопления?**
- а) Программа на компьютере
 - б) Объединение распределённых накопителей и генерации в единую управляемую систему, которая может поставлять мощность в сеть
 - в) Электростанция без турбин
 - г) Симулятор работы электростанции
- 11.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Какие основные проблемы энергетики решаются с помощью систем накопления электрической энергии?
2. Роль накопителей в интеграции возобновляемых источников энергии (солнечных и ветровых электростанций) в энергосистему.
3. Основные области применения систем накопления энергии: бытовая, промышленная, сетевая, транспорт.
4. Физико-химические основы работы литий-ионных аккумуляторов. Принцип действия и основные компоненты (анод, катод, электролит, сепаратор).
5. Физико-химические основы работы свинцово-кислотных аккумуляторов. Достоинства и недостатки.
6. Основные электрические характеристики накопителей: ёмкость, энергия, мощность, внутреннее сопротивление, КПД, саморазряд.
7. Зависимость характеристик аккумуляторов от температуры и тока нагрузки.

8. Классификация технологий накопления электрической энергии: электрохимические, электростатические, электромеханические, тепловые.
9. Сравнительный анализ литий-ионных, свинцово-кислотных, никель-металлгидридных аккумуляторов по удельной энергии, удельной мощности, сроку службы, стоимости, безопасности.
10. Проточные редокс-батареи: принцип работы, преимущества и ограничения.
11. Суперконденсаторы: физические принципы накопления заряда, сравнение с аккумуляторами.
12. Основные методы экспериментальной диагностики параметров накопителей: гальваностатическое и потенциостатическое циклирование.
13. Метод электрохимической импедансной спектроскопии (EIS): что позволяет определить в накопителе.
14. Измерение ёмкости, внутреннего сопротивления, кулоновской эффективности при заряд-разрядных тестах.
15. Состав аккумуляторной системы: ячейки, соединительные шины, корпус, система охлаждения, система управления батареями (BMS).
16. Функции системы управления батареями (BMS): защита от перезаряда, переразряда, перегрева, короткого замыкания.
17. Балансировка ячеек в аккумуляторной батарее: пассивная и активная балансировка, их алгоритмы и сравнение.
18. Методы оценки состояния заряда (SOC) и состояния здоровья (SOH) аккумуляторной батареи.
19. Эквивалентные электрические схемы для моделирования аккумуляторов (R_{int} , R_{IC1} и др.). Идентификация параметров по импедансным спектрам.
20. Механизмы старения и деградации литий-ионных аккумуляторов (рост SEI-плёнки, потеря активного материала, деградация электролита).
21. Методы прогнозирования остаточного ресурса аккумуляторных батарей на основе моделей старения.
22. Основные стандарты испытаний систем накопления энергии (IEC 62660, ISO 12405, UN 38.3). Виды испытаний (электрические, климатические, механические, на безопасность).
23. Современные и перспективные технологии накопителей: твердотельные аккумуляторы, литий-серные, литий-воздушные, натрий-ионные. Их преимущества и проблемы.
24. Применение систем накопления в электромобилях, гибридных поездах, космических аппаратах.

25. Использование накопителей в микросетях (microgrids) и виртуальных электростанциях (VPP) для сглаживания пиков нагрузки и повышения надёжности.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику	хорошо		71-85

		применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Козадеров, О. А. Современные химические источники тока: учебное пособие для вузов / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 132 с. — ISBN 978-5-507-50456-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504571>

2. Соренсен, Б. Преобразование, передача и аккумуляция энергии: учебное пособие / Б. Соренсен ; под ред. А. Д. Калашникова. — Москва: Интеллект, 2026. — 294 с. — ISBN 978-5-91559-056-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=477446>

Дополнительная литература:

1. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие / С. Н. Удалов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. — 459 с. — ISBN 978-5-7782-2467-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/556622>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Современные проблемы солнечной энергетики».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов углублённых знаний о фундаментальных физических ограничениях и современных проблемах солнечной энергетики, методах математического моделирования, оценки надёжности и интеграции фотоэлектрических систем, а также практических навыков проектирования, испытаний и сертификации для эффективного применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические принципы и фундаментальные ограничения, определяющие эффективность солнечных энергетических систем, современные методы испытаний, сертификации и стандартизации, а также требования к конструкторской и технологической документации. Уметь: работать с конструкторской документацией и 3D-моделями солнечных установок, разрабатывать технологическую документацию для их производства и испытаний, применять оборудование для контроля параметров и проводить испытания материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией, методами контроля качества и диагностики деградации систем, приёмами интерпретации результатов испытаний для оценки соответствия техническим требованиям.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: принципы и методы испытаний, стандартизации и сертификации солнечных энергетических систем, порядок составления программ испытаний, требования к конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку, а также

и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.		правила работы со специальным измерительным и диагностическим оборудованием. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний солнечных установок, составлять программы испытаний для подтверждения надёжности, долговечности и безопасности систем, применять специальное оборудование для контроля параметров и диагностики деградации. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами разработки конструкторской и технологической документации на оснастку для испытаний, приёмами эксплуатации специального испытательного оборудования, а также обработки и интерпретации результатов для оценки соответствия солнечных энергосистем требованиям технического задания.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные проблемы солнечной энергетики» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные

работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)	Обзор фотоэлектрических и термальных солнечных технологий, их физические принципы и области применения
2.	Физические основы преобразования солнечного излучения	Спектр солнечного излучения, полупроводниковая фотоэлектрическая генерация, термодинамика солнечных коллекторов
3.	Теоретические пределы эффективности и физические ограничения	Предел Шокли–Квайссера, рекомбинационные процессы, оптические и тепловые потери
4.	Методы математического и мультифизического моделирования	Модели PV-элементов, тепловых систем CSP, численные методы и имитационное моделирование
5.	Инструменты проектирования солнечных энергетических систем	Программные средства расчёта PV-станций, оптимизация конфигураций и энергетического выхода
6.	Надёжность, деградация и жизненный цикл систем	PID-эффект, деградация материалов, климатические воздействия, основы LCA и переработки модулей
7.	Проектирование и реализация солнечных установок	Инженерное проектирование станций, BIPV и агрофотовольтаические системы
8.	Испытания, сертификация и стандартизация	Методы лабораторных испытаний, полевые тесты, стандарты IEC 61215 и IEC 61730
9.	Современные технологические тренды	Перовскитные и tandemные элементы, BIPV, agrivoltaics, рециклинг солнечных панелей
10.	Интеграция энергосистемы и накопители энергии	Сетевые режимы работы, smart grid, балансировка нагрузки, гибридные энергетические системы

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)

Вопросы для обсуждения: Основные типы солнечных энергетических систем и их структура. Отличия фотоэлектрических и концентрирующих солнечных станций по принципу работы и областям применения. Современное распределение мощностей между фотоэлектрическими и концентрирующими системами в мире и в России.

Тема 2: Физические основы преобразования солнечного излучения.

Вопросы для обсуждения: Фундаментальные механизмы преобразования солнечного света в электричество в полупроводниках. Принцип работы концентрирующих солнечных

систем. Влияние спектрального состава солнечного излучения на эффективность различных технологий.

Тема 3: Теоретические пределы эффективности и физические ограничения.

Вопросы для обсуждения: Причины ограничений эффективности. Перспективы преодоления пределов с помощью многопереходных и тандемных структур.

Тема 4: Методы математического и мультифизического моделирования

Вопросы для обсуждения: Роль математического моделирования в прогнозировании выработки и оптимизации солнечных систем. Мультифизический подход, учитывающий электрические, тепловые, оптические и климатические взаимодействия. Примеры использования конечно-элементного моделирования для анализа тепловых полей и деформаций.

Тема 5: Инструменты проектирования солнечных энергетических систем

Вопросы для обсуждения: Специализированное программное обеспечение для проектирования фотоэлектрических и концентрирующих систем. Функции программного обеспечения: расчёт инсоляции, выбор оборудования, экономический анализ. Преимущества и недостатки различных инструментов проектирования.

Тема 6: Надёжность, деградация и жизненный цикл систем.

Вопросы для обсуждения: Основные механизмы деградации солнечных модулей. Методы оценки надёжности. Понятие жизненного цикла солнечной электростанции и факторы, влияющие на его продолжительность.

Тема 7: Проектирование и реализация солнечных установок

Вопросы для обсуждения: Этапы проектирования от предварительной оценки ресурса до технико-экономического обоснования. Особенности проектирования наземных, крышных, плавучих и интегрированных в здания систем. Типичные ошибки при проектировании и способы их устранения.

Тема 8: Испытания, сертификация и стандартизация

Вопросы для обсуждения: Основные стандарты для солнечных панелей и компонентов. Типы квалификационных испытаний. Процедура сертификации и маркировка продукции.

Тема 9: Современные технологические тренды

Вопросы для обсуждения: Развитие тандемных и перовскитных солнечных элементов, достигнутые рекордные КПД. Интеграция солнечной генерации с накопителями и цифровизация управления.

Тема 10: Интеграция в энергосистемы и накопители энергии

Вопросы для обсуждения: Проблемы интеграции больших объёмов солнечной энергии в традиционные энергосистемы. Роль накопителей в сглаживании пиков и повышении надёжности. Примеры успешной интеграции солнечных станций с системами накопления.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)

Вопросы для обсуждения: Анализ актуальной статистики установленных мощностей фотоэлектрических и концентрирующих систем по странам и регионам. Расчёт доли солнечной энергии в общем энергобалансе на примере конкретных стран. Сравнение капитальных затрат и удельной стоимости электроэнергии для фотоэлектрических и концентрирующих систем.

Тема 2: Физические основы преобразования солнечного излучения.

Вопросы для обсуждения: Расчёт теоретической максимальной мощности фотоэлектрического элемента по заданной спектральной характеристике. Определение влияния угла падения солнечных лучей на выработку фотоэлектрического модуля. Оценка тепловых потерь в концентрирующей системе в зависимости от концентрации излучения.

Тема 3: Теоретические пределы эффективности и физические ограничения.

Вопросы для обсуждения: Анализ потерь эффективности в реальном солнечном элементе по экспериментальным данным. Оценка потенциала повышения КПД при переходе от

однопереходных к тандемным структурам.

Тема 4: Методы математического и мультифизического моделирования

Вопросы для обсуждения: Построение простой модели выработки фотоэлектрической станции в электронной таблице по данным об инсоляции и температуре. Знакомство с интерфейсом и базовыми функциями специализированного программного обеспечения. Выполнение учебного расчёта выработки для заданной локации и конфигурации.

Тема 5: Инструменты проектирования солнечных энергетических систем

Вопросы для обсуждения: Сравнение результатов проектирования одной и той же системы в разных программных продуктах. Оценка влияния выбранного состава оборудования на итоговую выработку и экономику. Автоматизация подбора компонентов с использованием встроенных баз данных.

Тема 6: Надёжность, деградация и жизненный цикл систем.

Вопросы для обсуждения: Обработка реальных данных мониторинга стареющей солнечной станции для определения скорости деградации. Анализ типовых дефектов по фотографиям электролюминесценции и тепловизионным снимкам. Расчёт срока окупаемости с учётом деградации и затрат на эксплуатацию.

Тема 7: Проектирование и реализация солнечных установок

Вопросы для обсуждения: Разработка эскизного проекта солнечной электростанции для заданного потребителя. Выбор оптимального угла наклона и азимута с использованием онлайн-калькуляторов. Составление спецификации основного оборудования и оценка бюджета проекта.

Тема 8: Испытания, сертификация и стандартизация

Вопросы для обсуждения: Изучение протоколов типовых испытаний солнечных модулей по стандартам. Проведение виртуального теста на устойчивость к граду. Заполнение контрольного листа сертификации для гипотетического модуля.

Тема 9: Современные технологические тренды

Вопросы для обсуждения: Анализ научных статей о рекордных значениях КПД лабораторных солнечных элементов. Обсуждение перспектив коммерциализации новых технологий на основе анализа затрат и масштабируемости. Сравнение характеристик бифасциальных модулей и трекеров по эффективности и стоимости.

Тема 10: Интеграция в энергосистемы и накопители энергии

Вопросы для обсуждения: Расчёт требуемой ёмкости накопителя для сглаживания суточной неравномерности выработки фотоэлектрической станции. Моделирование работы микросети с солнечной генерацией, накопителем и дизельным генератором. Оценка экономической целесообразности добавления накопителя к существующей солнечной электростанции.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Современная структура солнечной энергетики. Физические основы преобразования солнечного излучения. Теоретические пределы эффективности и физические ограничения. Методы математического и мультифизического моделирования. Инструменты проектирования солнечных энергетических систем. Надёжность, деградация и жизненный цикл систем.

Проектирование и реализация солнечных установок. Испытания, сертификация и стандартизация. Современные технологические тренды. Интеграция в энергосистемы и накопители энергии.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ статистики установленных мощностей PV и CSP. Расчёт выработки по данным инсоляции. Оценка тепловых потерь и эффективности. Сравнение инструментов проектирования.

Обработка данных о деградации. Эскизное проектирование солнечной станции. Изучение протоколов испытаний. Анализ научных статей по новым технологиям. Расчёт ёмкости накопителя для сглаживания неравномерности.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Отличия PV и CSP систем. Физические основы преобразования. Предел Шокли-Квайссера. Факторы деградации. Стандарты испытаний (IEC 61215, IEC 61730). Методы моделирования. Этапы проектирования. Интеграция с накопителями. Современные технологические тренды.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Физические основы преобразования солнечного излучения	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Теоретические пределы эффективности и физические ограничения	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Методы математического и мультифизического моделирования	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Инструменты проектирования солнечных энергетических систем	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Надёжность, деградация и жизненный цикл систем	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Проектирование и реализация солнечных установок	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Испытания, сертификация и стандартизация	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Современные технологические тренды	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Интеграция в энергосистемы и накопители энергии	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Как расшифровывается аббревиатура PV в контексте солнечной энергетики?**
 - Photovoltaic
 - Power Voltage
 - Pressure Vessel
 - Photo Valve
- Какая технология преобразует солнечную энергию в электричество непосредственно, без промежуточного теплового цикла?**
 - Концентрирующие солнечные системы (CSP)
 - Фотоэлектрические системы (PV)
 - Солнечные коллекторы
 - Термодинамические башни
- Что является общим элементом для всех типов концентрирующих солнечных систем (CSP)?**
 - Полупроводниковые пластины
 - Солнечные трекеры
 - Система зеркал для концентрации излучения и тепловой двигатель (турбина)
 - Электролизёр для производства водорода
- Какой тип CSP-систем использует параболические зеркала для нагрева теплоносителя в трубке, расположенной в фокусе?**
 - Башенная система (power tower)
 - Параболические желобчатые концентраторы (parabolic trough)
 - Система Френеля
 - Тарельчатые стерлинговые системы
- Какая страна является мировым лидером по установленной мощности фотоэлектрических станций?**

- а) США
 - б) Германия
 - в) Китай
 - г) Индия
6. **Каков типичный диапазон КПД современных серийных кремниевых фотоэлектрических модулей?**
- а) 5–10%
 - б) 15–22%
 - в) 30–40%
 - г) 50–60%
7. **Что такое бифасциальный солнечный модуль?**
- а) Модуль с двусторонней чувствительностью к свету (улавливает отражённое от земли излучение)
 - б) Модуль, работающий при двукратном освещении
 - в) Модуль с двумя независимыми выходами
 - г) Модуль с двумя слоями защиты
8. **Для какого типа CSP-станций требуется прямое нормальное излучение (DNI) и обычно используются системы слежения за Солнцем?**
- а) Только для плоских PV-панелей
 - б) Для всех PV-систем
 - в) Для концентрирующих систем (CSP)
 - г) Для гибридных систем
9. **Какую основную функцию выполняет теплоноситель в CSP-станциях?**
- а) Охлаждение панелей
 - б) Передача тепла от концентратора к тепловому двигателю (турбине)
 - в) Преобразование света в электричество
 - г) Защита от перегрева
10. **Что такое «уровнянная стоимость электроэнергии» (LCOE) для солнечных станций?**
- а) Стоимость одной панели
 - б) Средняя цена на электроэнергию от солнечной станции за весь жизненный цикл (капитальные и эксплуатационные затраты, делённые на выработку)
 - в) Цена на оптовом рынке
 - г) Субсидия государства
11. **Какая из перечисленных технологий относится к фотоэлектрической, а не к термодинамической?**
- а) Параболические желоба
 - б) Солнечные башни
 - в) Тонкоплёночные модули (CIGS, CdTe)
 - г) Системы с тарелкой Стирлинга
12. **Какова основная тенденция в мировой солнечной энергетике последних лет по соотношению PV и CSP?**
- а) CSP доминирует благодаря возможности накопления тепла
 - б) PV доминирует благодаря резкому снижению стоимости и простоте масштабирования
 - в) Обе технологии развиваются одинаковыми темпами
 - г) PV уступает из-за низкой эффективности
13. **Что такое «сетевой паритет» для солнечной энергетики?**
- а) Равенство мощности солнечной станции и мощности традиционной электростанции
 - б) Достижение стоимости электроэнергии от солнечной станции уровня розничных тарифов или ниже
 - в) Подключение к единой энергосистеме
 - г) Международное соглашение по климату

14. **Какой фактор в наибольшей степени влияет на выбор между PV и CSP для конкретного проекта?**
а) Только стоимость земли
б) Уровень прямого нормального излучения (DNI) и необходимость в аккумулировании тепла
в) Простота обслуживания
г) Экологические ограничения
15. **Какая аббревиатура соответствует системе концентрирующей фотоэлектрики (сочетание концентраторов и высокоэффективных PV-элементов)?**
а) CPV
б) HCPV
в) PVT
г) CSP

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Назовите основные типы солнечных энергетических систем (PV и CSP) и их отличия по принципу работы.
2. Каковы современные тенденции в распределении мощностей между фотоэлектрическими и концентрирующими солнечными станциями в мире и в России?
3. Объясните физический механизм преобразования солнечного излучения в электричество в полупроводниковом фотоэлектрическом элементе.
4. Какие физические факторы ограничивают теоретическую эффективность однопереходного солнечного элемента? Сформулируйте предел Шокли-Квайссера.
5. Каким образом многопереходные и tandemные солнечные элементы позволяют преодолеть теоретический предел эффективности?
6. Что такое мультифизическое моделирование солнечных энергосистем и какие взаимодействия оно учитывает (электрические, тепловые, оптические)?
7. Назовите основные специализированные программные инструменты для проектирования фотоэлектрических систем и их ключевые функции.
8. Каковы основные механизмы деградации солнечных модулей в процессе эксплуатации?
9. Какие методы и стандарты используются для оценки надёжности и прогнозирования срока службы солнечных электростанций?
10. Перечислите основные этапы проектирования и реализации солнечной установки от предварительной оценки ресурса до технико-экономического обоснования.
11. В чем особенности проектирования наземных, крышных, плавучих и интегрированных в здания фотоэлектрических систем?
12. Назовите ключевые стандарты испытаний солнечных модулей (IEC 61215, IEC 61730) и перечислите основные типы квалификационных испытаний.
13. Каковы современные технологические тренды в области солнечной энергетики (перовскитные и tandemные элементы, бифасциальные модули, системы слежения)?

14. Какие проблемы возникают при интеграции больших объёмов солнечной генерации в традиционные энергосистемы и как они решаются?
15. Какую роль играют системы накопления энергии (литий-ионные, проточные батареи) в повышении надёжности и управляемости солнечных электростанций?
16. Чем отличаются системы концентрирующей солнечной энергетики (CSP) от фотоэлектрических по возможности аккумулирования тепла и круглосуточной работы?
17. Каковы типичные значения эффективности современных серийных кремниевых модулей и лабораторных рекордных элементов (перовскитных, tandemных)?
18. Что такое уровеньная стоимость электроэнергии (LCOE) и как она изменилась для солнечных станций за последнее десятилетие?
19. Как влияют температурные условия и затенение на выработку фотоэлектрической станции и как эти факторы учитываются при проектировании?
20. Каковы перспективы использования искусственного интеллекта и цифровых двойников для оптимизации работы и обслуживания солнечных энергосистем?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать,	хорошо		71-85

	контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющей (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Козадеров, О. А. Современные химические источники тока: учебное пособие для вузов / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 132 с. — ISBN 978-5-507-50456-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504571>
2. Соренсен, Б. Преобразование, передача и аккумуляция энергии: учебное пособие / Б. Соренсен ; под ред. А. Д. Калашникова. — Москва: Интеллект, 2026. — 294 с. — ISBN 978-5-91559-056-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=477446>

Дополнительная литература:

2. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие / С. Н. Удалов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. — 459 с. — ISBN 978-5-7782-2467-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/556622>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
ЭБС Консультант студента
ПРОСПЕКТ ЭБС
Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний в области правовых, организационных и технических основ промышленной безопасности и охраны труда, а также практических навыков управления профессиональными рисками, безопасной эксплуатации производственного оборудования, организации безопасных условий труда на предприятиях наукоёмких производств в соответствии с требованиями

Трудового кодекса РФ и Федерального закона № 116-ФЗ.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: требования промышленной безопасности и охраны труда, связанные с чтением и разработкой конструкторской и технологической документации на изделия и испытательную оснастку; свойства производственных материалов и оборудования с точки зрения их безопасной эксплуатации, а также методы контроля и измерения параметров, влияющих на безопасность; порядок проведения испытаний для подтверждения свойств материалов и безопасного функционирования оборудования. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией, выявляя в ней требования и положения, касающиеся промышленной безопасности и охраны труда; учитывать требования технологичности при разработке документации с позиций безопасности производства и эксплуатации; пользоваться оборудованием для контроля и измерения параметров (средства защиты, измерители факторов среды) и проводить испытания для подтверждения соответствия материалов и изделий требованиям безопасности. Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской документации на предмет соответствия нормам промышленной безопасности и охраны труда; методами контроля и оценки параметров материалов и оборудования с использованием измерительной техники; приёмами проведения испытаний (в том числе для подтверждения свойств

		материалов) и оформления результатов с учётом требований безопасности.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: требования нормативно-правовых актов (ТК РФ, ФЗ-116) к составлению программ испытаний и оформлению конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку; правила безопасной эксплуатации специального оборудования, применяемого при проведении испытаний; порядок учета опасных факторов при разработке документации и программ испытаний. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, обеспечивая соблюдение требований промышленной безопасности и охраны труда; составлять программы испытаний разрабатываемых изделий и разрабатывать документацию на оснастку с учётом безопасных методов и приёмов работы; применять специальное оборудование для испытаний в соответствии с правилами безопасности. Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской и технологической документации на предмет её соответствия нормам безопасности при испытаниях; приёмами работы со специальным испытательным оборудованием с соблюдением требований охраны труда; методами оформления программ испытаний и документации на оснастку, включая разделы по безопасности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах

ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	Изучение раздела X Трудового кодекса РФ, прав и обязанностей работодателя и работника, государственного надзора в сфере охраны труда.
2.	Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	Требования Федерального закона № 116-ФЗ к эксплуатации опасных производственных объектов, лицензированию и экспертизе промышленной безопасности.
3.	Управление профессиональными рисками	Практические методы идентификации опасностей, оценки уровней профессиональных рисков и разработки карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
4.	Безопасность производственного оборудования и технологий	Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением; организация производственного контроля и технического диагностирования.
5.	Организация охраны труда на предприятии	Разработка локальных нормативных актов, положение о СУОТ, порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ).
6.	Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	Виды инструктажей, порядок обучения требованиям охраны труда, документальное оформление и контроль знаний работников.
7.	Средства индивидуальной и коллективной защиты	Нормы выдачи СИЗ, правила выбора и эксплуатации, обеспечение работников сертифицированными средствами защиты.
8.	Пожарная безопасность и действия в ЧС	Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности, системы противопожарной защиты, планы ликвидации аварий.
9.	Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности	Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности, профилактика инцидентов.
10.	Расследование и учёт	Порядок расследования микротравм и несчастных

	несчастных случаев на производстве	случаев, оформление актов по форме Н-1, анализ причин и профилактика повторных случаев.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Раздел X Трудового кодекса РФ. Права и обязанности работодателя и работника в области охраны труда. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Ответственность за нарушение требований охраны труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов. Лицензирование деятельности. Экспертиза промышленной безопасности.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Методы идентификации опасностей на рабочих местах. Оценка уровней профессиональных рисков. Разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда. Мероприятия по снижению рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением. Организация производственного контроля. Техническое диагностирование оборудования. Остановка и ремонт.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ). Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Виды инструктажей по охране труда (вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой). Порядок обучения требованиям охраны труда. Проверка знаний. Документальное оформление.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Нормы выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ). Правила выбора и эксплуатации СИЗ. Обеспечение работников сертифицированными средствами защиты. Средства коллективной защиты на производстве.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты (сигнализация, оповещение, пожаротушение). Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности. Профилактика инцидентов. Документальное оформление обращения с отходами.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве. Оформление актов по форме Н-1. Анализ причин несчастных случаев.

Профилактика повторных случаев.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Анализ конкретных статей ТК РФ. Разбор ситуационных задач по правам и обязанностям работника и работодателя. Составление локального акта по охране труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Идентификация опасных производственных объектов по признакам. Разработка перечня лицензируемых видов деятельности. Экспертиза промышленной безопасности: практические примеры.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Проведение идентификации опасностей на рабочем месте по чек-листу. Оценка рисков по методике Минтруда. Составление карты рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Анализ паспортов оборудования на предмет требований безопасности. Разработка производственного регламента. Порядок проведения технического диагностирования.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка положения о СУОТ для условного предприятия. Заполнение карты СОУТ. Планирование мероприятий по улучшению условий труда.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Составление графика инструктажей. Разработка программы вводного инструктажа. Оформление журнала регистрации инструктажей. Проведение учебной проверки знаний.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Подбор СИЗ по типовым нормам. Оценка сертификатов соответствия. Организация хранения и учета СИЗ. Проектирование систем коллективной защиты.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Определение категории помещения по взрывопожароопасности. Разработка плана эвакуации. Отработка действий при условном пожаре. Заполнение журнала противопожарных мероприятий.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Классификация отходов производства по классам опасности. Разработка инструкции по обращению с отходами. Заполнение паспортов отходов.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Анализ реальных актов Н-1. Проведение учебного расследования несчастного случая. Заполнение бланка извещения и акта. Разработка профилактических мероприятий.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ). Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116). Управление профессиональными рисками. Безопасность производственного оборудования и технологий. Организация охраны труда на предприятии. Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала. Средства индивидуальной и коллективной защиты. Пожарная безопасность и действия в ЧС. Обращение с промышленными отходами. Расследование и учёт несчастных случаев на производстве.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение

упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ статей ТК РФ и решение ситуационных задач. Идентификация опасных производственных объектов. Оценка профессиональных рисков и составление карт рисков. Анализ требований безопасности к оборудованию. Разработка положения о СУОТ и заполнение карт СОУТ. Составление программ инструктажей. Подбор СИЗ по типовым нормам. Определение категорий помещений по пожарной безопасности. Классификация отходов и разработка инструкций. Проведение учебного расследования несчастного случая.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Права и обязанности работодателя и работника. Лицензирование опасных производственных объектов. Методы оценки профессиональных рисков. Производственный контроль оборудования. Специальная оценка условий труда. Виды инструктажей и порядок их проведения. Нормы выдачи СИЗ. Категории взрывопожароопасности помещений. Классы опасности отходов. Порядок расследования и оформления несчастных случаев.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации

обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Управление профессиональными рисками	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Безопасность производственного оборудования и технологий	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Организация охраны труда на предприятии	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Средства индивидуальной и коллективной защиты	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Пожарная безопасность и действия в ЧС	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Расследование и учёт несчастных случаев на производстве	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Тест по теме «Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)»

1. Какой раздел Трудового кодекса РФ непосредственно посвящён охране труда?

- а) Раздел III «Трудовой договор»
- б) Раздел X «Охрана труда»
- в) Раздел VII «Гарантии и компенсации»
- г) Раздел XII «Особенности регулирования труда отдельных категорий работников»

2. Кто обязан обеспечивать безопасные условия и охрану труда в организации?

- а) Работник
- б) Профсоюзная организация
- в) Работодатель
- г) Государственная инспекция труда

3. Какая статья ТК РФ устанавливает обязанности работника в области охраны труда?

- а) Статья 212
- б) Статья 214
- в) Статья 219
- г) Статья 225

4. Что из перечисленного является обязанностью работодателя согласно ТК РФ?

- а) Самостоятельно расследовать несчастный случай без комиссии
- б) Обеспечить режим труда и отдыха работников по своему усмотрению
- в) Проводить специальную оценку условий труда
- г) Отказать работнику в выдаче средств индивидуальной защиты

5. Какое право имеет работник в области охраны труда в соответствии с ТК РФ?

- а) Работать без прохождения обязательных медицинских осмотров
- б) Отказаться от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья
- в) Не сообщать работодателю о несчастном случае
- г) Самостоятельно приостанавливать производственную деятельность

6. Какой орган осуществляет государственный надзор за соблюдением трудового законодательства?

- а) Прокуратура
- б) Федеральная налоговая служба
- в) Федеральная инспекция труда (Роструд)
- г) Министерство здравоохранения

7. За нарушение требований охраны труда работодатель может быть привлечён к:

- а) Только дисциплинарной ответственности
- б) Только гражданско-правовой ответственности
- в) Административной, уголовной и материальной ответственности
- г) Только уголовной ответственности

8. Что является основанием для проведения внеплановой проверки государственной инспекцией труда?

- а) Истечение планового периода проверки
- б) Поступление жалобы работника на нарушение его трудовых прав
- в) Желание работодателя пройти проверку
- г) Окончание календарного года

9. В каком случае работник вправе пройти обучение по охране труда за счёт работодателя?

- а) Всегда по желанию работника
- б) Только при трудоустройстве
- в) При приёме на работу, а также в процессе трудовой деятельности
- г) Только при увольнении

10. Какая статья ТК РФ регламентирует проведение специальной оценки условий труда?

- а) Статья 212
- б) Статья 214
- в) Статья 219
- г) Статья 225

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Раздел X Трудового кодекса РФ. Основные права и обязанности работодателя в области охраны труда.
2. Обязанности работника по соблюдению требований охраны труда согласно ТК РФ.
3. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Роль Федеральной инспекции труда.
4. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов.
5. Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности и экспертиза промышленной безопасности.

6. Управление профессиональными рисками на предприятии. Методы идентификации опасностей.
7. Оценка уровней профессиональных рисков и разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
8. Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов и сосудов под давлением.
9. Организация производственного контроля и техническое диагностирование оборудования.
10. Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ).
11. Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.
12. Виды инструктажей по охране труда: вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой.
13. Порядок обучения требованиям охраны труда и проверки знаний персонала. Документальное оформление.
14. Средства индивидуальной защиты (СИЗ). Нормы выдачи, правила выбора, эксплуатации и учета.
15. Средства коллективной защиты на производстве. Классификация и требования к их применению.
16. Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты.
17. Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.
18. Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке промышленных отходов I–IV классов опасности.
19. Профилактика инцидентов при обращении с отходами. Документальное оформление.
20. Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве.
21. Оформление актов о несчастном случае по форме Н-1. Сроки и ответственные лица.
22. Анализ причин несчастных случаев на производстве. Разработка профилактических мероприятий.
23. Ответственность работодателя и должностных лиц за нарушение требований промышленной безопасности и охраны труда.
24. Права работника на отказ от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья.
25. Планирование мероприятий по улучшению условий труда и снижению профессиональных рисков.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно	отлично	зачтено	86-100

		принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Бекиров, Ш. Н. Организация охраны труда на производстве и в социальной сфере: система управления охраной труда: учебное пособие для вузов / Ш. Н. Бекиров, М. С. Джиляджи. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 244 с. — URL:

<https://e.lanbook.com/book/439910>

2. Семенов, В. В. Охрана труда и пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие для вузов / В. В. Семенов, А. А. Петручик, Г. К. Ивахнюк. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-507-47059-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323099>
3. Наумова, Т. В. Безопасность жизнедеятельности. Теория, вопросы и задачи: учебное пособие / Т. В. Наумова, О. Г. Феоктистова, И. Н. Мерзликин. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-9729-1606-1. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=452599>
4. Специальная оценка условий труда: учебное пособие. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-3850-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>
5. Пачурин, Г. В. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: учебное пособие / Г. В. Пачурин, Н. И. Щенников, Т. И. Курагина, А. А. Филиппов. — 3-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

Дополнительная литература

Васильев, С. И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1 / С. И. Васильев, Л. Н. Горбунова. — Красноярск: СФУ, 2012. — 502 с. — ISBN 978-5-7638-2320-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система.

Нормативно-правовые акты

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 06.04.2024). — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683
2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15780/

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Физика ближнего космоса»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Методы мониторинга ближнего космоса»
 - 4.2. Программа дисциплины «Физика ближнего космоса»
 - 4.3. Программа дисциплины «Методы обработки и визуализации данных»
 - 4.4. Программа дисциплины «Численное моделирование процессов в атмосфере и ионосфере»
 - 4.5. Программа дисциплины «Солнечно-земные связи и космическая погода»
 - 4.6. Программа дисциплины «Спутниковые навигационные системы»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Физика ближнего космоса»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физических принципов и методов мониторинга параметров ближнего космоса с использованием наземных и спутниковых средств.
2. Изучение фундаментальных процессов, определяющих состояние и динамику ближнего космоса, включая взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли, ионосферные явления и распространение электромагнитных волн.
3. Формирование компетенций в области обработки, анализа и визуализации больших объёмов экспериментальных и модельных данных, получаемых в результате космических и наземных наблюдений.
4. Освоение методов численного моделирования физических процессов в атмосфере и ионосфере для прогнозирования космической погоды.
5. Изучение солнечно-земных связей, механизмов переноса энергии и вещества от Солнца к Земле, а также воздействия солнечной активности на технические системы и жизнедеятельность.
6. Освоение принципов функционирования спутниковых навигационных систем и их использования для диагностики состояния ионосферы и атмосферы.
7. Развитие способности интегрировать знания из различных разделов физики для решения комплексных задач мониторинга, моделирования и прогнозирования в прикладной физике наукоёмких производств.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-	Знать: физические основы процессов в ближнем космосе, принципы мониторинга и моделирования, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям с учётом технологичности и условий эксплуатации аппаратуры. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели для систем

требований технологичности.	системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	мониторинга и навигации, строить на их основе расчётные модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты для оценки воздействия космической среды. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей, методами интеграции физических моделей в инженерные расчёты, приёмами анализа механических, тепловых и электромагнитных полей в конструкциях для работы в условиях ближнего космоса.
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические процессы в ближнем космосе, принципы мониторинга и навигации, свойства материалов и компонентов аппаратуры, а также требования к конструкторской и технологической документации с учётом технологичности и условий эксплуатации. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели систем мониторинга и навигации, разрабатывать технологическую документацию, применять оборудование для контроля и измерения параметров, проводить испытания материалов для подтверждения их свойств в условиях, моделирующих воздействие ближнего космоса. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией, методами контроля качества и испытаний, приёмами оценки влияния космической среды на характеристики изделий и их соответствие техническим требованиям.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным	Знать: методы и средства испытаний систем мониторинга и навигации, порядок составления программ испытаний с учётом космических факторов, требования к документации на испытательную оснастку и правила работы со специальным оборудованием.

технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	оборудованием.	Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, составлять программы испытаний для подтверждения надёжности систем, применять специальное оборудование для измерения параметров и проверки характеристик. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами разработки документации на оснастку, приёмами эксплуатации специального оборудования и обработки результатов для оценки соответствия техническому заданию.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы мониторинга ближнего космоса».

Цель изучения дисциплины:

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: методы и средства испытаний систем мониторинга и навигации, порядок составления программ испытаний с учётом космических факторов, требования к документации на испытательную оснастку и правила работы со специальным оборудованием. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, составлять программы испытаний для подтверждения надёжности систем, применять специальное оборудование для измерения параметров и проверки характеристик. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами разработки документации на оснастку, приёмами эксплуатации специального оборудования и обработки результатов для оценки соответствия техническому заданию.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: методы и средства испытаний, порядок составления программ испытаний с учётом факторов космической среды, требования к конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку, а также правила работы со специальным измерительным и диагностическим оборудованием. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, составлять программы испытаний для

испытаний.		подтверждения надёжности и работоспособности систем, применять специальное оборудование для измерения параметров и проверки характеристик. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами разработки конструкторской и технологической документации на оснастку, приёмами эксплуатации специального испытательного оборудования, а также обработки и интерпретации результатов для оценки соответствия техническому заданию.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы мониторинга ближнего космоса» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды	Предмет и задачи физики ближнего космоса. Границы и структура околоземного космического пространства. Основные параметры верхней атмосферы, ионосферы, плазмосферы и магнитосферы Земли. История исследований

		ближнего космоса и современные научные направления.
2.	Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга	Строение и динамика термосферы и ионосферы. Процессы ионизации и рекомбинации. Магнитное поле Земли и структура магнитосферы. Радиационные пояса, плазменные процессы и взаимодействие заряженных частиц с геомагнитным полем.
3.	Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи	Источники космической погоды. Солнечное излучение, солнечный ветер, корональные выбросы массы. Геомагнитные бури, суббури и ионосферные возмущения. Влияние космической погоды на космические аппараты, системы связи, навигации и энергетическую инфраструктуру.
4.	Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса	Наземные и космические методы наблюдений. Радиозондирование ионосферы, магнитометрические измерения, спутниковые платформы мониторинга. Телеметрические комплексы, системы приема и передачи научной информации, международные сети наблюдений.
5.	Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса	Архитектура современных систем мониторинга. Выбор измерительных средств и каналов передачи данных. Проектирование распределенных сетей наблюдений. Формирование баз данных и научных архивов. Разработка исследовательских и прикладных проектов космического мониторинга.
6.	Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений	Физико-математические модели процессов в околоземном пространстве. Методы статистического анализа, спектрального и корреляционного анализа данных. Численное моделирование плазменных процессов и прогнозирование параметров космической среды.
7.	Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений	Работа с архивами космических данных. Обработка телеметрической информации. Визуализация результатов наблюдений. Построение временных рядов, карт пространственного распределения параметров и анализ событий космической погоды.
8.	Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга	Методы калибровки научной аппаратуры. Оценка неопределенности измерений. Контроль достоверности наблюдений. Верификация моделей и экспериментальных данных. Нормативные документы и стандарты в области исследований околоземного космического пространства.
9.	Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса	Большие данные в космической физике. Облачные вычисления и распределенные системы хранения данных. Методы машинного обучения и искусственного интеллекта для прогнозирования космической погоды и автоматического выявления аномалий в наблюдениях.
10.	Комплексное применение	Интеграция наземных и спутниковых данных.

методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности	Прогнозирование опасных космических явлений. Информационное обеспечение космических миссий. Мониторинг космической среды в интересах науки, навигации, связи и технологической безопасности.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды

Вопросы для обсуждения: Состав и строение ближнего космоса: верхняя атмосфера, ионосфера, магнитосфера. Основные физические параметры околоземной космической среды: плотность, температура, ионный состав, магнитное поле. Зависимость параметров от высоты, широты и времени суток. Различия между нейтральной атмосферой и плазмой ионосферы.

Тема 2: Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга

Вопросы для обсуждения: Слоистая структура ионосферы (D, E, F) и их характеристики. Основные параметры ионосферы, подлежащие мониторингу: электронная концентрация, критическая частота, полное электронное содержание. Влияние процессов в верхней атмосфере и ионосфере на распространение радиоволн.

Тема 3: Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи

Вопросы для обсуждения: Определение космической погоды и её параметры: солнечный ветер, геомагнитная активность, потоки частиц. Проявления солнечной активности: вспышки, выбросы корональной массы, солнечный ветер. Механизмы переноса энергии и вещества от Солнца к Земле.

Тема 4: Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Наземные методы мониторинга: ионозонды, радары некогерентного рассеяния, магнитометры, риометры. Спутниковые методы: измерения на низкоорбитальных и геостационарных спутниках. Преимущества и ограничения различных типов датчиков.

Тема 5: Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Состав информационно-измерительной системы мониторинга: датчики, каналы передачи, система сбора и обработки. Требования к чувствительности, динамическому диапазону, быстродействию и помехоустойчивости измерительных каналов.

Тема 6: Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений

Вопросы для обсуждения: Типы моделей ионосферы и магнитосферы: эмпирические, физические, численные. Метод конечных элементов в задачах космической физики. Верификация и валидация моделей. Программные пакеты для моделирования процессов в ближнем космосе. Роль моделирования в интерпретации наблюдений и прогнозировании.

Тема 7: Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений

Вопросы для обсуждения: Этапы предварительной обработки данных: калибровка, фильтрация шумов, устранение выбросов. Спектральный анализ для выделения периодичностей: суточных, сезонных, солнечно-циклических вариаций.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга

Вопросы для обсуждения: Стандарты точности измерений параметров ближнего космоса. Калибровка измерительных приборов на наземных стендах и на борту спутников. Организация межлабораторных сличений и контроль качества данных: процедуры валидации, согласование с эталонными базами.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Применение методов машинного обучения для классификации и прогнозирования космической погоды. Концепция цифровых двойников ионосферы и магнитосферы. Использование технологий больших данных для анализа многолетних массивов наблюдений.

Тема 10: Комплексное применение методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности

Вопросы для обсуждения: Использование данных мониторинга для прогнозирования радиационной обстановки на низких и геостационарных орбитах. Применение результатов мониторинга для обеспечения работы систем связи, навигации и радиолокации. Вклад мониторинга в изучение климатических изменений и динамики верхней атмосферы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды

Вопросы для обсуждения: Расчёт основных параметров нейтральной атмосферы (плотности, давления, температуры) по барометрической формуле для заданных высот. Определение высоты однородной атмосферы. Решение задач на распределение температуры и плотности в термосфере.

Тема 2: Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга

Вопросы для обсуждения: Расчёт критической частоты ионосферного слоя по известной электронной концентрации. Построение высотного профиля электронной концентрации по данным ионозонда.

Тема 3: Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи

Вопросы для обсуждения: Анализ индексов солнечной активности: числа Вольфа, поток радиоизлучения на длине волны 10,7 см. Вычисление времени прихода выброса корональной массы к Земле по заданной скорости солнечного ветра.

Тема 4: Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Изучение устройства и принципов работы ионозонда (по схеме или виртуальной модели). Определение плазменной частоты по критической частоте ионосферы.

Тема 5: Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Разработка структурной схемы измерительного комплекса для регистрации параметров ионосферы. Выбор датчиков в соответствии с техническим заданием.

Тема 6: Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений

Вопросы для обсуждения: Построение простой одномерной модели ионосферы с учётом фотоионизации и рекомбинации (решение уравнения баланса). Расчёт стационарного профиля электронной концентрации. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными.

Тема 7: Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений

Вопросы для обсуждения: Применение фильтрации временных рядов параметров

ионосферы: скользящее среднее, медианная фильтрация. Вычисление спектральной плотности мощности для выявления суточных и сезонных вариаций. Построение карт распределения полного электронного содержания по региону.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга

Вопросы для обсуждения: Калибровка измерительного канала ионозонда с помощью эталонного генератора. Оценка погрешности определения критической частоты. Заполнение протокола верификации результатов измерений.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования ионосферных возмущений по входным параметрам. Обработка больших массивов спутниковых данных с использованием Python.

Тема 10: Комплексное применение методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности

Вопросы для обсуждения: Решение прикладной задачи: оценка влияния ионосферной задержки на точность навигационного сигнала. Расчёт прохождения радиоволн через ионосферу при различных уровнях солнечной активности.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга	Анализ вертикальных профилей электронной концентрации ионосферы по данным ионозонда
2	Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса	Обработка ГНСС-данных для определения полного электронного содержания (ТЕС) ионосферы
3	Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи	Исследование вариаций геомагнитного поля в периоды солнечных вспышек и магнитных бурь
4	Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга	Разработка структурной схемы и оценка энергопотребления спутникового комплекса мониторинга
5	Методы математического моделирования и анализа данных	Численное моделирование распространения радиоволн в ионосферной плазме
6	Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений	Выделение и анализ ионосферных возмущений по временным рядам параметров солнечного ветра
7	Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация	Калибровка и оценка погрешностей измерительных каналов спутниковой аппаратуры
8	Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования	Применение методов машинного обучения для классификации и прогнозирования геомагнитных возмущений

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды. Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли. Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи. Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса. Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга. Методы математического моделирования и анализа данных. Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений. Метрологическое обеспечение, контроль качества и верификация результатов. Современные цифровые и интеллектуальные методы исследования.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров нейтральной атмосферы по барометрической формуле. Определение критической частоты ионосферы и построение высотного профиля электронной концентрации. Анализ индексов солнечной активности, оценка времени прихода выбросов корональной массы. Работа с данными ионозондов и глобальных навигационных систем. Разработка структурной схемы измерительного комплекса и выбор датчиков.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Строение и параметры ближнего космоса. Слои ионосферы, критическая частота, полное электронное содержание. Индексы солнечной активности, геомагнитные индексы. Типы наземных и спутниковых измерительных средств. Принципы проектирования систем мониторинга. Методы численного моделирования ионосферно-магнитосферных процессов. Обработка, фильтрация и интерполяция данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды	ПК-1	Тестирование
Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга	ПК-1	Тестирование
Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи	ПК-1	Тестирование
Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса	ПК-1	Тестирование
Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса	ПК-1	Тестирование
Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений	ПК-1	Тестирование
Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений	ПК-1	Тестирование
Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга	ПК-1	Тестирование
Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса	ПК-1	Тестирование
Комплексное применение методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Какие области включает ближний космос Земли?**
 - а) Только термосферу и экзосферу
 - б) Верхнюю атмосферу, ионосферу и магнитосферу
 - в) Только ионосферу и магнитосферу
 - г) Только стратосферу и мезосферу
2. **Какой слой атмосферы является самым верхним и переходит в космическое пространство?**
 - а) Термосфера
 - б) Мезосфера
 - в) Стратосфера
 - г) Экзосфера
3. **Как изменяется температура в термосфере с высотой?**
 - а) Монотонно убывает
 - б) Монотонно возрастает
 - в) Сначала возрастает, затем убывает
 - г) Остаётся постоянной
4. **Что такое ионосфера?**
 - а) Область атмосферы, где преобладают нейтральные атомы
 - б) Ионизированная область верхней атмосферы, простирающаяся примерно от 60 до 1000 км
 - в) Внешняя граница магнитосферы
 - г) Область между стратосферой и мезосферой
5. **Какой основной процесс создаёт ионосферу?**
 - а) Инфракрасное излучение Земли
 - б) Фотоионизация атмосферных газов солнечным ультрафиолетовым и рентгеновским излучением
 - в) Термическая ионизация в верхней атмосфере
 - г) Бомбардировка космическими лучами
6. **Какой слой ионосферы характеризуется наибольшей электронной концентрацией в дневное время?**
 - а) Слой D
 - б) Слой E
 - в) Слой F1
 - г) Слой F2
7. **Какая область магнитосферы обращена к Солнцу?**
 - а) Магнитный хвост
 - б) Магнитопауза
 - в) Плазмосфера
 - г) Радиационный пояс
8. **Какова типичная плотность нейтральной атмосферы на высоте 200 км?**
 - а) Примерно 10^{-3} кг/м³
 - б) Примерно 10^{-6} кг/м³
 - в) Примерно 10^{-9} кг/м³
 - г) Примерно 10^{-12} кг/м³
9. **Что такое солнечный ветер?**
 - а) Поток нейтронов от Солнца
 - б) Поток заряженных частиц (в основном электронов и протонов), истекающий из солнечной короны
 - в) Электромагнитное излучение Солнца в радиодиапазоне
 - г) Поток метеорных частиц
10. **Как называется граница, отделяющая магнитосферу Земли от солнечного ветра?**
 - а) Магнитопауза

- б) Боу-шок (ударная волна)
 - в) Плазмопауза
 - г) Магнитная сепаратриса
11. **Какой механизм является основным для нагрева термосферы?**
- а) Поглощение видимого света
 - б) Поглощение ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца
 - в) Внутреннее тепло Земли
 - г) Трение о магнитосферу
12. **Какая высота соответствует максимуму электронной концентрации в ионосфере в ночное время?**
- а) Около 100 км
 - б) Около 200 км
 - в) Около 300 км
 - г) Около 500 км
13. **Что такое критическая частота ионосферного слоя?**
- а) Частота, при которой радиоволна перестаёт отражаться от слоя
 - б) Частота плазменных колебаний, соответствующая максимальной электронной концентрации слоя
 - в) Частота столкновений электронов с нейтралами
 - г) Частота, на которой происходит поглощение радиоволн
14. **Как называется область магнитосферы, содержащая холодную плазму ионизированного гелия и водорода?**
- а) Радиационный пояс
 - б) Плазмосфера
 - в) Магнитный хвост
 - г) Магнитная ловушка
15. **Что такое радиационные пояса Земли (пояса Ван Аллена)?**
- а) Области магнитосферы с высоким потоком нейтральных атомов
 - б) Области захваченных геомагнитным полем энергичных заряженных частиц (протонов и электронов)
 - в) Области, где солнечный ветер проникает в атмосферу
 - г) Области аномального нагрева термосферы
16. **Какой слой ионосферы исчезает в ночное время?**
- а) Слой E
 - б) Слой F2
 - в) Слой D
 - г) Слой F1
17. **Какой газ является основным в термосфере на высотах выше 200 км?**
- а) Азот
 - б) Кислород (атомарный)
 - в) Аргон
 - г) Углекислый газ
18. **Что происходит с электронной концентрацией в ионосфере в годы максимума солнечной активности?**
- а) Практически не меняется
 - б) Значительно возрастает
 - в) Значительно падает
 - г) Испытывает хаотические колебания без тренда
19. **Какая из перечисленных частиц преобладает в солнечном ветре?**
- а) Альфа-частицы
 - б) Электроны

- в) Протоны
 - г) Нейтроны
20. **Какова типичная температура ионов в ионосфере на высоте 300 км в дневное время?**
- а) Около 100 К
 - б) Около 300 К
 - в) Около 1000 К
 - г) Около 3000 К

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень вопросов к зачету:

1. **Акустический мониторинг.** Как изменение акустического режима атмосферы при ее нагреве используется для выявления попадания малых метеороидов и техногенных объектов?
2. **Инфразвуковой мониторинг.** Какие инфразвуковые колебания используются для обнаружения метеоров и фрагментов космического мусора, и почему именно этот диапазон эффективен для регистрации пролётов тел размером от 0,5 до 10 м на высотах 25–65 км?
3. **Радиофизический метод.** В чем суть метода слежения за падением астероидов и фрагментов космического мусора, основанного на физическом принципе отражения электромагнитных волн от объектов, движущихся в ионосфере?
4. **Радиотехнический метод.** Как использование доплеровского сдвига сигналов, переотражённых от падающих тел, позволяет определять их скорость и траекторию движения, и какие типы наземных радиолокаторов при этом применяются?
5. **Метод искусственного нагрева ионосферы.** Какие научные задачи решаются с помощью мощных станций типа HAARP и «Сура» при исследовании физики околоземного космического пространства и воздействии на космическую погоду?
6. **Стенд «Сура».** Каковы основные технические характеристики и назначение российского стенда «Сура» в контексте мониторинга ближнего космоса?
7. **Нагрев ионосферы.** Как процессы, возникающие при воздействии мощным радиоизлучением на ионосферную плазму, помогают изучать её структуру, физику неустойчивостей и механизмы генерации искусственных электромагнитных излучений?
8. **Гравитационные волны в атмосфере.** Какие методы используются для обнаружения и изучения гравитационных волн, возникающих при прохождении солнечного терминатора, и почему эти волны важны для понимания динамики верхней атмосферы?
9. **Ионосферные неоднородности.** Какие методы, основанные на принципах радиофизики, позволяют диагностировать плазменные неоднородности и пузыри в экваториальной и высокоширотной ионосфере?
10. **Мониторинг космической погоды.** Какими методами регистрируются геомагнитные бури и суббури, и как они влияют на работу энергосистем, линий связи и навигационных устройств?
11. **Наземный оптический мониторинг.** Какие типы телескопов и фотометров используются для обнаружения и идентификации техногенного космического мусора и естественных метеороидов?
12. **Метод наклонного радиозондирования.** Какова физическая основа метода и как он применяется для определения параметров ионосферы и обнаружения движущихся в ней объектов?
13. **Спутниковые методы мониторинга.** Какие приборы устанавливаются на низкоорбитальных и геостационарных спутниках для мониторинга радиационных поясов и потоков заряженных частиц?
14. **Лидарные методы.** Какие типы лидаров применяются для зондирования средней и верхней атмосферы, и какие параметры они позволяют измерять?

15. **Методы пассивного радиоприёма.** Как с помощью регистрации собственного радиоизлучения метеорных тел можно отслеживать их вхождение в атмосферу и классифицировать по размерам и скорости?
16. **Магнитометрический мониторинг.** Как наземные и спутниковые магнитометры используются для регистрации вариаций геомагнитного поля, вызываемых солнечными вспышками и корональными выбросами массы, и как эти данные применяются для прогноза космической погоды?
17. **Ионосферное зондирование с помощью спутниковых навигационных систем.** Как сигналы спутниковых навигационных систем, проходя через ионосферу, позволяют оценивать полное электронное содержание и выявлять ионосферные возмущения?
18. **Спектроскопия полярных сияний.** Как анализ эмиссионных линий полярных сияний в оптическом диапазоне используется для диагностики состава и энергетического спектра высыпавшихся заряженных частиц и для изучения магнитосферно-ионосферной связи?
19. **Интегральный подход в мониторинге.** Почему для надёжного мониторинга опасных явлений в околоземном пространстве необходимо комплексное использование радиофизических, оптических, магнитных и акустических методов, и в чем недостатки каждого из них в отдельности?
20. **Применение результатов мониторинга.** Как данные мониторинга ближнего космоса используются для прогнозирования и смягчения последствий космической погоды для работы космических аппаратов, авиации и наземных технологических систем?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более	Включает нижестоящий уровень. Способность	хорошо		71-85

	широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Гусейханов, М. К. Основы астрофизики: учебное пособие для вузов / М. К. Гусейханов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-4037-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/321188>

Дополнительная литература:

1. Миронов, В. В. Системные методы мониторинга околоземного космического пространства: монография / В. В. Миронов, А. К. Муртазов, И. В. Усовик; под науч. ред. В. В. Миронова. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Рязань: ИП Коняхин А. В. (Book Jet), 2018. — 310 с.: ил. — ISBN 978-5-6041320-0-5.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Физика ближнего космоса».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических процессах в околоземном космическом пространстве, механизмах солнечно-земных взаимодействий и космической погоды, а также практических навыков мониторинга, моделирования и прогнозирования состояния ближнего космоса для решения прикладных задач в области наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические основы процессов в околоземном космическом пространстве, методы и средства мониторинга параметров космической среды, принципы построения измерительных систем и проведения космических экспериментов, а также требования к конструкторской и технологической документации при организации испытаний аппаратуры для исследования ближнего космоса. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний систем мониторинга и космической аппаратуры, составлять программы испытаний для подтверждения работоспособности и надёжности приборов, применяемых в условиях ближнего космоса, а также использовать специальное измерительное оборудование для регистрации параметров ионосферы, магнитосферы и радиационных поясов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией в процессе испытаний, методами калибровки, верификации и эксплуатации

		специального оборудования для диагностики космической среды, а также приёмами обработки и интерпретации экспериментальных данных для оценки соответствия аппаратуры требованиям технического задания.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика ближнего космоса» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства	Предмет космофизики, структура и границы ближнего космоса, основные физические процессы в околоземной среде, взаимодействие Земли с космическим окружением
2.	Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли	Состав и динамика верхней атмосферы, процессы ионизации, формирование ионосферных слоев, распространение электромагнитных волн и ионосферные эффекты
3.	Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий	Солнечное излучение, солнечный ветер, магнитные поля Солнца, солнечные вспышки, корональные выбросы массы и их влияние на околоземное пространство

4.	Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов	Конфигурация магнитосферы, магнитопауза и магнитный хвост, радиационные пояса Ван Аллена, процессы ускорения и потерь заряженных частиц
5.	Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях	Основы физики плазмы, кинетические и магнитогидродинамические процессы, дрейфовые движения частиц, волновые взаимодействия и перенос энергии
6.	Методы космических исследований и обработка экспериментальных данных	Спутниковые и наземные методы наблюдений, измерительные комплексы, датчики и приборы, статистический анализ данных, цифровая обработка и визуализация результатов
7.	Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном пространстве	Планирование научных исследований, разработка измерительных программ, выбор орбитальных параметров, организация космического эксперимента
8.	Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий	Геомагнитные бури, ионосферные возмущения, мониторинг космической среды, прогнозирование экстремальных событий и оценка космических рисков
9.	Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса	Малые космические аппараты, спутниковые группировки, цифровые двойники космической среды, численное моделирование магнитосферных и ионосферных процессов
10.	Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике	Анализ данных космических миссий, обеспечение надежности спутниковых систем, навигации и связи, решение прикладных задач космической деятельности

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства.
Вопросы для обсуждения: Ближний космос включает верхнюю атмосферу, ионосферу и магнитосферу Земли. Основными компонентами околоземной космической среды являются нейтральный газ, плазма, магнитное поле и радиационные пояса. Главные источники энергии — солнечное излучение, солнечный ветер и космические лучи.

Тема 2: Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли
Вопросы для обсуждения: Ионосфера образуется под действием солнечного ультрафиолетового и рентгеновского излучения и содержит слои D, E и F. Основные параметры ионосферы для мониторинга: электронная концентрация, критическая частота и полное электронное содержание. Ионосфера влияет на распространение радиоволн и работу систем связи и навигации.

Тема 3: Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий
Вопросы для обсуждения: Наиболее значимые проявления солнечной активности: вспышки, выбросы корональной массы и солнечный ветер. Космическая погода характеризуется параметрами солнечного ветра, геомагнитными индексами и потоками частиц.

Тема 4: Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов

Вопросы для обсуждения: Магнитосфера включает ударную волну, магнитопаузу, плазмосферу и хвост магнитосферы. Радиационные пояса Ван Аллена состоят из захваченных геомагнитным полем энергичных протонов и электронов.

Тема 5: Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях
Вопросы для обсуждения: Движение заряженных частиц в геомагнитном поле описывается дрейфовыми движениями и адиабатическими инвариантами. Захваченные частицы совершают баунс-движение и дрейфуют вокруг Земли.

Тема 6: Методы космических исследований и обработка экспериментальных данных
Вопросы для обсуждения: Наземные методы: ионозонды, радары некогерентного рассеяния, магнитометры. Обработка данных включает калибровку, фильтрацию, спектральный анализ и визуализацию.

Тема 7: Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном пространстве

Вопросы для обсуждения: Этапы проектирования: постановка задачи, выбор приборов, расчет орбиты, обеспечение радиационной стойкости и терморегулирования. Обеспечение надёжности и резервирование — ключевые требования к космической аппаратуре.

Тема 8: Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий
Вопросы для обсуждения: Мониторинг космической погоды ведется с помощью спутников и наземных сетей. Прогнозирование необходимо для защиты космических аппаратов, авиации, энергосистем и связи.

Тема 9: Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Цифровые двойники ионосферы и магнитосферы позволяют моделировать состояние космической среды в реальном времени. Методы машинного обучения улучшают прогнозирование космической погоды.

Тема 10: Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике
Вопросы для обсуждения: Данные мониторинга применяются для прогнозирования радиационной обстановки, обеспечения работы систем связи и навигации, планирования космических миссий.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства.
Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров нейтральной атмосферы по барометрической формуле. Определение высоты однородной атмосферы.

Тема 2: Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли
Вопросы для обсуждения: Расчёт критической частоты ионосферного слоя по электронной концентрации. Построение высотного профиля электронной концентрации по данным ионозонда.

Тема 3: Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий
Вопросы для обсуждения: Анализ индексов солнечной активности. Вычисление времени прихода выброса корональной массы. Оценка геомагнитной возмущённости по Кр-индексу.

Тема 4: Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов
Вопросы для обсуждения: Обработка данных магнитометров для выделения вариаций геомагнитного поля в период магнитной бури. Оценка границ плазмосферы.

Тема 5: Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях
Вопросы для обсуждения: Расчёт ларморовского радиуса и дрейфовой скорости для протонов и электронов.

Тема 6: Методы космических исследований и обработка экспериментальных данных
Вопросы для обсуждения: Определение плазменной частоты по критической частоте. Работа с данными GNSS для оценки полного электронного содержания.

Тема 7: Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном

пространстве

Вопросы для обсуждения: Разработка структурной схемы измерительного комплекса. Выбор датчиков и оценка энергопотребления.

Тема 8: Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий

Вопросы для обсуждения: Обработка данных геомагнитных индексов для идентификации магнитных бурь. Оценка влияния ионосферной задержки на навигационный сигнал.

Тема 9: Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования ионосферных возмущений. Обработка спутниковых данных с использованием Python.

Тема 10: Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике

Вопросы для обсуждения: Решение прикладной задачи по оценке радиационных рисков для космического аппарата на заданной орбите. Расчёт прохождения радиоволн через ионосферу.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы ближнего космоса. Солнечная активность и космическая погода. Строение ионосферы и методы её мониторинга. Магнитосфера и радиационные пояса. Движение заряженных частиц в магнитных полях. Методы космических исследований. Проектирование космических экспериментов. Прогнозирование космической погоды.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров нейтральной атмосферы. Определение критической частоты ионосферы. Анализ индексов солнечной активности. Оценка времени прихода выброса корональной массы. Расчёт ларморовского радиуса и дрейфовой скорости частиц. Обработка данных ионозондов и GNSS для оценки полного электронного содержания. Разработка структурной схемы измерительного комплекса. Оценка влияния ионосферы на навигационные сигналы.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Состав и строение ближнего космоса. Параметры ионосферы. Индексы солнечной и геомагнитной активности. Устройство магнитосферы и радиационных поясов. Дрейфовое движение частиц. Типы наземных и спутниковых измерительных средств. Этапы проектирования космического эксперимента. Методы обработки и калибровки данных. Прогнозирование космической погоды.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных

теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства	ПК-3	Тестирование
Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли	ПК-3	Тестирование
Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий	ПК-3	Тестирование
Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов	ПК-3	Тестирование
Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях	ПК-3	Тестирование
Методы космических исследований и обработка экспериментальных данных	ПК-3	Тестирование
Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном пространстве	ПК-3	Тестирование
Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий	ПК-3	Тестирование

Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса	ПК-3	Тестирование
Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Какая высота примерно соответствует верхней границе ближнего космоса?**
 - 100 км
 - 500 км
 - 1000 км
 - 10000 км
- Какой процесс является основным источником ионизации в ионосфере?**
 - Термическая ионизация
 - Фотоионизация ультрафиолетовым и рентгеновским излучением Солнца
 - Ионизация космическими лучами
 - Ионизация при столкновениях с метеороидами
- Какой газ преобладает в термосфере на высотах выше 200 км?**
 - Молекулярный азот
 - Молекулярный кислород
 - Атомарный кислород
 - Гелий
- Как изменяется температура в термосфере с увеличением высоты?**
 - Падает
 - Растет
 - Не меняется
 - Сначала растет, затем падает
- Какой слой ионосферы практически исчезает в ночное время?**
 - Слой D
 - Слой E
 - Слой F1
 - Слой F2
- Что такое плазменная частота?**
 - Частота столкновений электронов с нейтрами
 - Частота колебаний электронов в плазме относительно ионов
 - Частота вращения ионов в магнитном поле
 - Частота солнечных вспышек
- Какая величина критическая для отражения радиоволн от ионосферы?**
 - Электронная концентрация
 - Магнитное поле
 - Температура нейтралов
 - Давление солнечного ветра

8. **Как называется граница между солнечным ветром и магнитосферой?**
 - а) Магнитопауза
 - б) Плазмопауза
 - в) Ударная волна
 - г) Нейтральный слой
9. **Где расположены радиационные пояса Ван Аллена?**
 - а) На высотах 100-200 км
 - б) На высотах 500-5000 км и 10000-20000 км
 - в) На высотах более 50000 км
 - г) Только в полярных областях
10. **Какой тип частиц преобладает во внутреннем радиационном поясе?**
 - а) Электроны
 - б) Протоны
 - в) Альфа-частицы
 - г) Нейтроны
11. **Что такое экзосфера?**
 - а) Самый нижний слой атмосферы
 - б) Слой рассеяния, где частицы могут улетать в космос
 - в) Область ионосферы с максимальной ионизацией
 - г) Область магнитосферы, заполненная холодной плазмой
12. **Какие явления вызывают геомагнитные бури?**
 - а) Увеличение электронной концентрации в ионосфере
 - б) Интенсивные полярные сияния и возмущения магнитного поля
 - в) Повышение температуры у поверхности Земли
 - г) Усиление парникового эффекта
13. **Какой слой ионосферы имеет наибольшую электронную концентрацию в дневное время?**
 - а) D
 - б) E
 - в) F1
 - г) F2
14. **Что такое солнечный ветер?**
 - а) Поток нейтронов
 - б) Поток электромагнитного излучения
 - в) Поток заряженных частиц (протоны, электроны) от Солнца
 - г) Поток пыли
15. **Как скорость солнечного ветра изменяется в максимуме солнечной активности?**
 - а) Уменьшается
 - б) Возрастает
 - в) Не изменяется
 - г) Становится хаотичной
16. **Какая высота соответствует примерно середине слоя F2 в дневное время?**
 - а) 100 км
 - б) 200 км
 - в) 300 км
 - г) 500 км
17. **Что такое полное электронное содержание (ТЕС)?**
 - а) Концентрация электронов на фиксированной высоте
 - б) Интегральное число электронов в столбе сечением 1 м²
 - в) Плотность ионосферной плазмы
 - г) Критическая частота

18. **Какой метод позволяет измерять ТЕС с высокой точностью?**
а) Ионозондирование
б) Радиозонды
в) Спутниковые навигационные системы (GPS/ГЛОНАСС)
г) Магнитометрия
19. **Что такое плазмосфера?**
а) Внешняя область магнитосферы, заполненная горячей плазмой
б) Внутренняя область магнитосферы с холодной плотной плазмой
в) Область ионосферы над слоем F2
г) Область нейтральной атмосферы
20. **Какой эффект вызывает прохождение радиоволн через ионосферу?**
а) Поглощение
б) Задержка и искривление
в) Усиление
г) Поляризация

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Что понимается под ближним космосом и какие основные области околоземного космического пространства входят в его состав?
2. Каковы основные физические параметры околоземной космической среды и как они изменяются с высотой?
3. Опишите строение верхней нейтральной атмосферы и её роль в формировании ионосферы.
4. Какие процессы приводят к образованию ионосферы? Охарактеризуйте основные слои ионосферы и их особенности.
5. Что такое критическая частота ионосферного слоя и полное электронное содержание? Как эти параметры используются в мониторинге?
6. Как ионосфера влияет на распространение радиоволн и работу систем связи, навигации и радиолокации?
7. Каковы основные проявления солнечной активности и их воздействие на околоземное пространство?
8. Что такое космическая погода? Перечислите основные параметры, характеризующие состояние космической погоды.
9. Опишите механизмы переноса энергии и вещества от Солнца к магнитосфере и ионосфере Земли.
10. Как устроена магнитосфера Земли? Назовите её основные области.
11. Что такое радиационные пояса Ван Аллена? Каков их состав, структура и происхождение?
12. Как солнечные возмущения влияют на динамику радиационных поясов и процессы пересоединения в хвосте магнитосферы?
13. Опишите движение заряженных частиц в геомагнитном поле.
14. Каковы основные методы исследования ближнего космоса: спутниковые измерения и дистанционное зондирование?
15. Какие наземные методы мониторинга применяются для изучения ближнего космоса?
16. Как проводятся калибровка и обработка экспериментальных данных космических наблюдений?
17. Перечислите основные этапы проектирования и проведения космического эксперимента.
18. Какие требования предъявляются к космической аппаратуре для работы в условиях ближнего космоса?
19. Что такое геомагнитные индексы и как они используются для оценки возмущённости геомагнитного поля?

20. Как прогнозируется космическая погода и какие модели используются для оперативного прогноза?
21. Какие современные цифровые технологии применяются для моделирования и прогнозирования состояния ближнего космоса?
22. Как данные мониторинга ближнего космоса используются для защиты космических аппаратов, авиации, энергосистем и линий связи?
23. Какое влияние оказывает ионосфера на точность навигационных систем и как осуществляется коррекция ионосферных задержек?
24. Как изучение солнечно-земных связей помогает в понимании климатических изменений и в планировании долгосрочных космических миссий?
25. Приведите примеры комплексного применения методов физики ближнего космоса в науке и технике.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно	хорошо		71-85

	образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Теория плазмы: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://lanbook.com/catalog/fizika/teoriya-plazmy-56122706/>

Дополнительная литература:

1. Физика планет Солнечной системы: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311894>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы обработки и визуализации данных».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических навыков в области сбора, обработки, анализа и визуализации данных, включая применение статистических методов и современных программных инструментов, для решения прикладных задач в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физические принципы и процессы, определяющие состояние и динамику околоземного космического пространства, методы его мониторинга и моделирования, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям приборов и систем для работы в условиях космоса. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели элементов аппаратуры для исследования ближнего космоса, строить на их основе расчётные модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты для оценки воздействия космической среды на проектируемые изделия. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей, методами интеграции физических моделей космической среды в инженерные расчёты, приёмами стационарного и нестационарного анализа в САЕ-системах для обеспечения надёжности и технологичности разрабатываемой аппаратуры.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы обработки и визуализации данных» представляет собой

дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации	Роль данных в цифровой экономике, жизненный цикл данных, типы и структуры данных, задачи аналитики, принципы визуального восприятия информации, место визуализации в процессе принятия решений.
2.	Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа	Источники данных, форматы хранения, импорт и экспорт данных, обработка пропусков и выбросов, преобразование признаков, стандартизация и подготовка данных к аналитическим процедурам.
3.	Статистические методы анализа и исследования данных	Описательная статистика, вероятностные распределения, корреляционный анализ, регрессионное моделирование, проверка статистических гипотез, оценка достоверности результатов.
4.	Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python	Использование Python для анализа данных, работа с библиотеками NumPy и Pandas, обработка табличных данных, агрегация, фильтрация, преобразование и анализ наборов данных.
5.	Проектирование аналитических процессов и информационных панелей	Постановка аналитических задач, выбор показателей эффективности, проектирование аналитических конвейеров, разработка структуры отчетов и дашбордов для различных категорий пользователей.
6.	Методы интеллектуального	Классификация, кластеризация, снижение размерности, поиск зависимостей, выявление

	анализа данных и выявления закономерностей	аномалий, интерпретация аналитических моделей и результатов обработки данных.
7.	Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений	Построение графиков, диаграмм, тепловых карт, геовизуализаций и интерактивных визуализаций с использованием Matplotlib, Seaborn и Plotly, принципы эффективного визуального дизайна.
8.	Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций	Методы верификации и валидации данных, контроль качества визуализаций, оценка корректности аналитических выводов, тестирование аналитических решений и пользовательских интерфейсов.
9.	Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений	Интерактивная аналитика, визуальный Data Mining, автоматизированное построение отчетов, элементы искусственного интеллекта в аналитических системах, современные тенденции развития визуальной аналитики.
10.	Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах	Разработка законченных аналитических проектов, интеграция обработки данных и визуализации, подготовка аналитических отчетов, поддержка принятия решений в научных, инженерных и бизнес-задачах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации

Вопросы для обсуждения: Данные, информация и знания являются базовыми категориями аналитики. Жизненный цикл данных включает сбор, хранение, обработку, анализ и визуализацию. Аналитика данных служит для поддержки принятия решений в наукоёмких производствах.

Тема 2: Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа

Вопросы для обсуждения: Основными источниками данных являются базы данных, API, файлы и сенсоры. Очистка данных включает обработку пропущенных значений, удаление дубликатов и фильтрацию выбросов. Интеграция данных объединяет информацию из разных источников в единое представление.

Тема 3: Статистические методы анализа и исследования данных

Вопросы для обсуждения: Описательные статистики включают среднее, медиану, дисперсию, стандартное отклонение. Корреляционный и регрессионный анализ используются для выявления связей между переменными. Проверка статистических гипотез осуществляется с помощью t-теста и критерия хи-квадрат.

Тема 4: Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python

Вопросы для обсуждения: Pandas обеспечивает импорт, экспорт и предварительную обработку данных. Scikit-learn предоставляет алгоритмы машинного обучения.

Тема 5: Проектирование аналитических процессов и информационных панелей

Вопросы для обсуждения: Информационная панель служит для компактного представления ключевых метрик. При проектировании учитываются целевая аудитория, частота обновления и удобство навигации. Интерактивные элементы повышают эффективность анализа.

Тема 6: Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей

Вопросы для обсуждения: Интеллектуальный анализ данных включает задачи классификации, кластеризации, ассоциации и регрессии. Кластеризация методом k-средних группирует объекты по сходству. Оценка качества моделей производится с помощью кросс-валидации и матрицы ошибок.

Тема 7: Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений

Вопросы для обсуждения: Основные типы визуализации: столбчатые и круговые диаграммы, гистограммы. Интерактивные визуализации допускают масштабирование и фильтрацию. Эффективная визуализация должна быть точной, информативной и простой.

Тема 8: Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций

Вопросы для обсуждения: Качество данных оценивается по критериям точности, полноты, непротиворечивости и своевременности. Верификация моделей проводится на отложенной выборке.

Тема 9: Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений

Вопросы для обсуждения: Визуальная аналитика объединяет интерактивные визуализации с методами машинного обучения. Системы поддержки принятия решений используют аналитические модели для выработки рекомендаций. Большие данные обрабатываются с использованием распределенных технологий.

Тема 10: Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах

Вопросы для обсуждения: Прикладной проект включает все этапы: от сбора данных до визуализации результатов. Результаты анализа представляются в виде отчётов, информационных панелей и презентаций. Оценка эффективности внедрения аналитических решений измеряется бизнес-показателями.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации

Вопросы для обсуждения: Классификация типов данных на примерах. Построение схемы жизненного цикла данных для производственного процесса. Анализ примеров искажающих визуализаций.

Тема 2: Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа

Вопросы для обсуждения: Обработка пропусков и удаление выбросов. Нормализация данных и объединение таблиц.

Тема 3: Статистические методы анализа и исследования данных

Вопросы для обсуждения: Расчёт описательных статистик. Построение корреляционной матрицы. Выполнение линейной регрессии и проверка гипотез.

Тема 4: Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python

Вопросы для обсуждения: Создание и обработка DataFrame в Pandas.

Тема 5: Проектирование аналитических процессов и информационных панелей

Вопросы для обсуждения: Определение ключевых метрик. Создание прототипа информационной панели с интерактивными элементами.

Тема 6: Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей

Вопросы для обсуждения: Построение дерева решений. Снижение размерности методом главных компонент.

Тема 7: Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений

Вопросы для обсуждения: Разработка дашборда с обратными вызовами. Оценка удобства интерфейса.

Тема 8: Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций

Вопросы для обсуждения: Аудит качества данных по метрикам. Верификация модели на отложенной выборке. Документирование этапов обработки.

Тема 9: Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений

Вопросы для обсуждения: Знакомство с инструментами AutoML. Обработка больших данных с использованием Dask.

Тема 10: Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах

Вопросы для обсуждения: Полный цикл анализа для заданного набора данных. Построение интерактивного дашборда. Оформление итогового отчёта и презентация результатов.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа	Импорт данных из CSV и Excel, обработка пропущенных значений и выбросов в Pandas
2	Статистические методы анализа и исследования данных	Расчёт описательных статистик, построение корреляционной матрицы и линейная регрессия
3	Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python	Визуализация распределений с помощью
4	Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей	Кластеризация методом k-средних и классификация с использованием дерева решений
5	Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений	Создание интерактивного дашборда с фильтрацией данных
6	Проектирование аналитических процессов и информационных панелей	Разработка макета информационной панели и построение ключевых метрик (KPI) на реальных данных
7	Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций	Оценка точности прогнозной модели
8	Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах	Выполнение полного цикла анализа по заданному набору данных

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Теоретические основы данных и визуального представления информации. Сбор, очистка и подготовка данных. Статистические методы анализа данных. Программные инструменты Python для анализа данных. Проектирование аналитических процессов и информационных панелей. Методы интеллектуального анализа

данных. Интерактивная визуализация данных. Контроль качества данных и моделей. Современные технологии визуальной аналитики. Комплексное применение методов обработки и визуализации в проектах.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Импорт и первичный анализ данных в Pandas. Обработка пропусков, выбросов, нормализация данных. Кластеризация методом k-средних. Верификация моделей и оценка качества.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основы статистического анализа. Жизненный цикл данных и этапы очистки. Принципы создания информационных панелей и интерактивных визуализаций. Методы классификации, кластеризации, снижения размерности. Критерии качества данных и валидации моделей. Применение аналитики в прикладных проектах

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы)	Индекс	Оценочные средства по

дисциплины	контролируемой компетенции (или ее части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации	ПК-1	Тестирование
Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа	ПК-1	Тестирование
Статистические методы анализа и исследования данных	ПК-1	Тестирование
Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python	ПК-1	Тестирование
Проектирование аналитических процессов и информационных панелей	ПК-1	Тестирование
Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей	ПК-1	Тестирование
Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений	ПК-1	Тестирование
Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций	ПК-1	Тестирование
Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений	ПК-1	Тестирование
Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Что такое «данные» в контексте аналитики?**
 - Осмысленная информация, готовая для принятия решений
 - Сырые факты, символы или показания, не имеющие сами по себе смысла
 - Знания, полученные в результате исследования
 - Прогнозные модели
- Какой из этапов жизненного цикла данных является первым?**
 - Анализ
 - Визуализация
 - Сбор
 - Хранение

3. **Что такое «информация» по отношению к данным?**
 - а) Случайный набор чисел
 - б) Данные, обработанные и интерпретированные в контексте
 - в) Графическое представление данных
 - г) База данных
4. **Какой тип данных представляют собой показания датчика температуры, измеренные каждую секунду?**
 - а) Неструктурированные
 - б) Временной ряд
 - в) Категориальные
 - г) Пространственные
5. **Для решения какой задачи аналитики используется прогнозирование будущих значений на основе исторических данных?**
 - а) Классификация
 - б) Кластеризация
 - в) Регрессия / прогнозирование
 - г) Поиск ассоциативных правил
6. **Какой тип визуализации лучше всего подходит для сравнения долей целого?**
 - а) Линейный график
 - б) Гистограмма
 - в) Круговая диаграмма
 - г) Диаграмма рассеяния (scatter-plot)
7. **Какой атрибут визуального восприятия является наиболее точным для сравнения количественных значений?**
 - а) Цвет
 - б) Положение на общей шкале
 - в) Размер круга
 - г) Угол наклона
8. **Что такое «дескриптивная аналитика» (Descriptive Analytics)?**
 - а) Ответ на вопрос «Что произошло?»
 - б) Ответ на вопрос «Что может произойти?»
 - в) Ответ на вопрос «Что делать?»
 - г) Автоматический поиск закономерностей
9. **Что из перечисленного относится к неструктурированным данным?**
 - а) Таблица Excel
 - б) Текст электронного письма
 - в) Реляционная база данных
 - г) CSV-файл
10. **Какой тип диаграммы используется для отображения распределения одной непрерывной переменной?**
 - а) Столбчатая диаграмма
 - б) Круговая диаграмма
 - в) Гистограмма
 - г) Диаграмма Ганта
11. **Что такое «бизнес-аналитика» (Business Intelligence)?**
 - а) Технологии машинного обучения
 - б) Совокупность методов и инструментов для преобразования данных в информацию для принятия решений
 - в) Сбор первичных данных
 - г) Создание информационных панелей без анализа
12. **Какой метод визуализации лучше подходит для выявления корреляции между двумя непрерывными переменными?**

- а) Круговая диаграмма
 - б) Столбчатая диаграмма
 - в) Диаграмма рассеяния (scatter-plot)
 - г) Ящик с усами (box plot)
13. **Что такое «модель данных»?**
- а) Графическое отображение данных
 - б) Абстракция, описывающая структуру, взаимосвязи и ограничения данных
 - в) Программа для очистки данных
 - г) Набор статистических тестов
14. **Какой вид аналитики отвечает на вопрос «Что произойдёт в будущем?»?**
- а) Дескриптивная
 - б) Диагностическая
 - в) Предиктивная (прогнозная)
 - г) Предписывающая
15. **Какой принцип визуализации данных утверждает, что график должен быть понятен без дополнительного текста?**
- а) Принцип честности
 - б) Принцип простоты
 - в) Принцип самодостаточности
 - г) Принцип интерактивности

Типовое задание для лабораторной работы:

Тема: Импорт данных из CSV и Excel, обработка пропущенных значений и выбросов в Pandas

1. Импорт необходимых библиотек и загрузка данных

1.1. Импортируйте библиотеки pandas, numpy, matplotlib.pyplot, seaborn.

1.2. Загрузите файл sales.csv в DataFrame df_sales с помощью pd.read_csv(). Выведите первые 5 строк (head()).

1.3. Загрузите файл customers.xlsx (лист «Sheet1») в DataFrame df_customers с помощью pd.read_excel(). Выведите общую информацию о DataFrame (info()) и основные статистики (describe()).

2. Анализ пропущенных значений

2.1. Для df_customers определите количество пропущенных значений в каждом столбце (isnull().sum()).

2.2. Рассчитайте долю пропусков в процентах от общего числа строк.

2.3. Удалите строки, в которых отсутствуют значения в столбце customer_id (если такой столбец есть).

2.4. Для числового столбца age заполните пропуски медианным значением возраста.

2.5. Для категориального столбца city заполните пропуски модальным (наиболее частым) значением.

2.6. Для столбца income (числовой) заполните пропуски средним значением, но только после удаления выбросов (см. пункт 3).

2.7. Продемонстрируйте, что после обработки пропусков в DataFrame не осталось пустых значений.

3. Обнаружение и обработка выбросов (аномалий)

3.1. Для числового столбца income (доход) постройте ящик с усами (boxplot) с помощью seaborn.boxplot и гистограмму распределения. Визуально оцените наличие выбросов.

3.2. Используйте метод межквартильного размаха (IQR):

- Рассчитайте первый (Q1) и третий (Q3) квантили.
- Вычислите $IQR = Q3 - Q1$.

- Определите нижнюю и верхнюю границы: $lower = Q1 - 1.5 * IQR$, $upper = Q3 + 1.5 * IQR$.
 - Найдите строки, в которых значения `income` выходят за эти границы.
- 3.3. Создайте копию DataFrame `df_customers_clean` и удалите из неё выбросы (строки с `income` вне границ).
- 3.4. Замените удалённые выбросы на значение верхней границы (каппинг) в другом варианте обработки для сравнения (создайте ещё один DataFrame).
- 3.5. Объясните, какой метод обработки выбросов (удаление или каппинг) целесообразнее в контексте конкретных данных.

4. Работа с файлом `sales.csv`

- 4.1. Изучите структуру `df_sales`: типы столбцов, наличие пропусков, дубликатов.
- 4.2. Найдите строки-дубликаты и удалите их (оставьте первое вхождение).
- 4.3. В столбце `price` (цена) обработайте выбросы методом каппинга по 1-му и 99-му перцентилям.
- 4.4. Приведите столбцы с датами к типу `datetime`.
- 4.5. Сохраните очищенный DataFrame в новый файл `sales_cleaned.csv` (без индекса).

5. Итоговая проверка и отчёт

- 5.1. Для каждого из очищенных наборов данных выведите описательные статистики и проверьте отсутствие пропусков.
- 5.2. Постройте гистограммы распределения числовых переменных до и после обработки выбросов (на одном графике).
- 5.3. Сделайте вывод о том, как обработка повлияла на распределение и основные статистики.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень вопросов к экзамену:

1. Что такое данные, информация и знания? В чем их различие и взаимосвязь?
2. Опишите основные этапы жизненного цикла данных.
3. Какие существуют типы данных? Приведите примеры.
4. Каковы основные источники данных для анализа в наукоёмких производствах?
5. Какие проблемы качества данных наиболее часто встречаются и как они решаются?
6. Что такое интеграция данных и какие методы объединения данных из разных источников используются?
7. Какие этапы включает очистка и подготовка данных? Опишите обработку пропущенных значений и удаление выбросов.
8. Что такое нормализация и стандартизация данных? В каких случаях они применяются?
9. Какие описательные статистики используются для анализа данных?
10. Как интерпретировать корреляционную матрицу? В чем разница между корреляцией и причинно-следственной связью?
11. Что такое линейная регрессия? Как оценивается качество регрессионной модели?
12. Как проводится проверка статистических гипотез? Что такое t-тест и критерий хи-квадрат?
13. Какие методы анализа временных рядов используются для выделения тренда, сезонности и шума?
14. Назовите основные библиотеки Python для обработки и анализа данных и их назначение.
15. Как выполняется импорт, экспорт и предварительная обработка данных с использованием Pandas?
16. Что такое информационная панель? Каковы принципы её проектирования?
17. Какие задачи решаются методами интеллектуального анализа данных?
18. Как работает метод k-средних для кластеризации? Как выбрать число кластеров?

19. Что такое дерево решений? Как интерпретируются правила, полученные с его помощью?
20. Какие метрики используются для оценки качества классификации?
21. Какие типы визуализации применяются для различных типов данных?
22. Как создаются интерактивные визуализации с использованием библиотек Plotly, Bokeh или инструментов Tableau, Power BI?
23. Что такое верификация и валидация аналитических моделей? Как проводится контроль качества данных и моделей?
24. Каковы современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений?
25. Опишите комплексный подход к решению прикладной задачи анализа данных на примере.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно	хорошо		71-85

	образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Алексеев, Д. С. Технологии интеллектуального анализа данных: учебник для вузов / Д. С. Алексеев, О. В. Щекочихин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 176 с. — ISBN 978-5-507-48466-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362915>

Дополнительная литература:

1. Русакова, М. С. Моделирование физических процессов и визуализация данных средствами Python: практикум: учебное пособие / М. С. Русакова, Е. В. Рогачева. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/480473>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Численное моделирование процессов в атмосфере и ионосфере».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний и практических навыков в области численного моделирования процессов в атмосфере и ионосфере, включая математические методы, вычислительные технологии, ассимиляцию данных и прогнозирование космической погоды для решения прикладных задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физические процессы в атмосфере и ионосфере, математические модели и численные методы их описания, основы проектирования вычислительных экспериментов и ассимиляции данных, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям для интеграции результатов моделирования в инженерные расчёты. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели элементов систем мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и ионосферы, строить на основе 3D-моделей расчётные модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты для оценки воздействия геофизических возмущений на проектируемые изделия. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей, методами интеграции результатов численного моделирования атмосферно-ионосферных процессов в САЕ-расчёты, приёмами стационарного и нестационарного анализа для обоснования конструктивных

		решений и обеспечения надёжности аппаратуры в условиях космической погоды.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численное моделирование процессов в атмосфере и ионосфере» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли	Структура атмосферы и ионосферы, химический состав, процессы ионизации и рекомбинации, радиационный баланс, взаимодействие солнечного излучения и магнитосферы с геофизическими оболочками Земли.
2.	Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов	Уравнения гидродинамики, газовой динамики, термодинамики и магнитной гидродинамики, системы уравнений переноса, начальные и граничные условия, постановка задач математической физики.
3.	Численные методы моделирования геофизических сред и процессов	Методы конечных разностей, конечных объемов и конечных элементов, методы решения жестких систем уравнений, анализ устойчивости, сходимости и точности вычислительных схем.
4.	Вычислительная инфраструктура и	Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем, операционные системы

	программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы	Linux, основы параллельных вычислений, программные комплексы WRF, OpenFOAM и специализированные средства подготовки и обработки данных.
5.	Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики	Построение расчетных областей и сеток, выбор физических параметризаций, настройка вычислительных сценариев, проведение численных экспериментов и анализ чувствительности моделей к входным параметрам.
6.	Анализ, верификация и валидация результатов моделирования	Статистический анализ результатов, методы сравнения с экспериментальными и спутниковыми данными, оценка ошибок, неопределенностей, точности и достоверности численных прогнозов.
7.	Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных процессов	Численное исследование гравитационных волн, приливных явлений, турбулентности, распространения возмущений в верхней атмосфере и динамики ионосферной плазмы.
8.	Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели	Использование наземных, спутниковых и радиофизических измерений, методы ассимиляции данных, повышение точности прогностических моделей атмосферы и ионосферы.
9.	Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального моделирования	Параллельные вычисления на кластерах и суперкомпьютерах, технологии MPI и OpenMP, GPU-ускорение, методы машинного обучения и элементы цифровых двойников геофизических систем.
10.	Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды	Связанные многомасштабные модели атмосферы и ионосферы, моделирование солнечно-земных взаимодействий, прогнозирование космической погоды и оценка ее влияния на технические системы.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли

Вопросы для обсуждения: Строение нейтральной атмосферы и ионосферы. Основные физические процессы: фотоионизация, рекомбинация, диффузия, дрейф заряженных частиц. Электродинамика ионосферы: электрические поля, токи, влияние геомагнитного поля. Роль солнечного излучения и солнечного ветра в формировании ионосферы.

Тема 2: Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов

Вопросы для обсуждения: Системы уравнений гидротермодинамики нейтральной атмосферы. Уравнения переноса для заряженных компонент ионосферной плазмы. Уравнения Максвелла для электромагнитных полей в ионосфере. Начальные и граничные условия, характерные времена и масштабы.

Тема 3: Численные методы моделирования геофизических сред и процессов

Вопросы для обсуждения: Конечно-разностные методы. Метод конечных элементов для задач геофизики. Спектральные методы и псевдоспектральные подходы. Адаптивные сетки и методы сгущения. Решение многомерных уравнений переноса и гидродинамики.

Тема 4: Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы

Вопросы для обсуждения: Обзор современных моделей: глобальные модели нейтральной атмосферы, ионосферные модели. Параллельные и распределённые вычисления. Программные среды и инструменты.

Тема 5: Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики

Вопросы для обсуждения: Постановка цели и задач численного эксперимента. Выбор модели, области моделирования, разрешения и параметров. Планирование серии экспериментов. Оценка вычислительных затрат и хранение результатов.

Тема 6: Анализ, верификация и валидация результатов моделирования

Вопросы для обсуждения: Методы визуализации и статистического анализа выходных данных. Сравнение с экспериментальными данными. Оценка погрешностей модели, определение чувствительности. Верификация и валидация.

Тема 7: Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных процессов

Вопросы для обсуждения: Волновые процессы в атмосфере: гравитационные волны, акустические волны, приливные волны. Взаимодействие волн с ионосферой. Моделирование распространения атмосферных возмущений от наземных и космических источников. Плазменные неоднородности.

Тема 8: Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели

Вопросы для обсуждения: Вариационные методы ассимиляции. Построение начальных полей и обновление модели в реальном времени.

Тема 9: Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального моделирования

Вопросы для обсуждения: Применение графических процессоров для ускорения расчётов. Облачные вычисления. Большие данные и анализ многолетних ансамблевых расчётов.

Тема 10: Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды

Вопросы для обсуждения: Связанные модели нейтральной атмосферы, ионосферы и магнитосферы. Влияние солнечной активности и геомагнитных бурь на верхнюю атмосферу и ионосферу.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли

Вопросы для обсуждения: Анализ типовых высотных профилей температуры, плотности и электронной концентрации. Расчёт критических частот, масштаба высоты, времени жизни заряженных частиц. Решение задач на дрейф частиц в скрещенных полях.

Тема 2: Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов

Вопросы для обсуждения: Вывод одномерных уравнений переноса электронной концентрации. Определение характерных времён по заданным параметрам. Построение стационарного профиля электронной концентрации в упрощённой модели.

Тема 3: Численные методы моделирования геофизических сред и процессов

Вопросы для обсуждения: Реализация явной конечно-разностной схемы для одномерного уравнения переноса. Анализ устойчивости схемы. Программирование простейшей модели в Python.

Тема 4: Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы

Вопросы для обсуждения: Знакомство с интерфейсом и структурой входных файлов одной из моделей. Запуск тестового расчёта, визуализация результатов. Оценка производительности расчёта.

Тема 5: Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики

Вопросы для обсуждения: Разработка плана численного эксперимента для исследования реакции ионосферы на солнечную вспышку. Выбор пространственного разрешения и временного шага. Расчёт вычислительных затрат.

Тема 6: Анализ, верификация и валидация результатов моделирования

Вопросы для обсуждения: Вычисление коэффициента корреляции, среднеквадратичной ошибки. Проведение теста на сходимость при измельчении сетки.

Тема 7: Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных процессов

Вопросы для обсуждения: Расчёт дисперсионных соотношений для гравитационных волн. Моделирование распространения пакета гравитационных волн в изотермической атмосфере. Анализ ионосферных откликов на наземные источники по литературным данным.

Тема 8: Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели

Вопросы для обсуждения: Построение псевдонаблюдений на основе модельных данных. Реализация простой схемы ассимиляции. Оценка влияния ассимиляции на прогноз.

Тема 9: Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального моделирования

Вопросы для обсуждения: Написание параллельного фрагмента кода для расчёта профиля электронной концентрации. Применение обученной нейронной сети для эмуляции сложного блока модели. Работа в облачной среде для выполнения расчётов.

Тема 10: Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды

Вопросы для обсуждения: Интеграция данных солнечного ветра для расчёта геомагнитного индекса. Подготовка отчёта о прогнозе космической погоды.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы строения и электродинамики атмосферы и ионосферы. Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов. Численные методы моделирования геофизических сред. Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования. Проектирование численных экспериментов. Моделирование атмосферных возмущений и ионосферных плазменных процессов. Методы ассимиляции данных. Высокопроизводительные вычисления и интеллектуальное моделирование. Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ высотных профилей температуры, плотности и электронной концентрации. Расчёт критических частот, масштаба высоты, времени жизни заряженных частиц. Решение задач на дрейф частиц. Вывод уравнений переноса электронной концентрации. Реализация конечно-разностных схем для одномерного уравнения переноса. Работа с входными файлами моделей и визуализация результатов. Планирование численного эксперимента. Сравнение модели с данными наблюдений, оценка погрешностей. Расчёт дисперсионных соотношений для гравитационных волн. Реализация простых схем ассимиляции данных. Написание параллельных фрагментов кода и применение нейронных сетей для эмуляции.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим

темам: Строение атмосферы и ионосферы, физические процессы. Численные методы. Современные модели атмосферы и ионосферы. Этапы численного эксперимента. Критерии верификации и валидации. Волновые процессы и плазменные неоднородности. Методы ассимиляции данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Численные методы моделирования геофизических сред и процессов	ПК-2, ПК-3	Тестирование

Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Анализ, верификация и валидация результатов моделирования	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных процессов	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального моделирования	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли»

1. Какая область атмосферы расположена выше мезосферы и характеризуется ростом температуры с высотой?

- а) Тропосфера
- б) Стратосфера
- в) Термосфера
- г) Экзосфера

2. Какой слой ионосферы имеет наибольшую электронную концентрацию в дневное время?

- а) Слой D
- б) Слой E
- в) Слой F1
- г) Слой F2

3. Что является основным источником ионизации в ионосфере?

- а) Космические лучи
- б) Ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца
- в) Радиоактивное излучение Земли
- г) Внутреннее тепло Земли

4. Какой процесс преобладает в слое D ионосферы?

- а) Фотоионизация

б) Рекомбинация

в) Диффузия

г) Дрейф в магнитном поле

5. Что такое критическая частота ионосферного слоя?

а) Частота, на которой радиоволны полностью поглощаются

б) Максимальная частота, отражаемая слоем при вертикальном падении

в) Частота столкновений электронов с ионами

г) Частота, при которой возникает спорадический слой

6. Какой тип дрейфа заряженных частиц возникает в скрещенных электрическом и магнитном полях?

а) Ларморовское вращение

б) Дрейф $E \times B$

в) Баунс-движение

г) Поляризационный дрейф

7. Какая сила в основном удерживает заряженные частицы в радиационных поясах?

а) Сила тяжести

б) Электрическая сила

в) Магнитная сила Лоренца

г) Сила давления солнечного ветра

8. Как изменяется электронная концентрация в ионосфере в период максимума солнечной активности?

а) Уменьшается

б) Увеличивается

в) Не изменяется

г) Исчезает

9. Что такое полное электронное содержание (ТЕС)?

а) Концентрация электронов на фиксированной высоте

б) Интегральное число электронов в столбе сечением 1 м^2

в) Плотность ионосферной плазмы

г) Критическая частота

10. Как называется ток в ионосфере, связанный с солнечным нагреванием и приливами?

а) Полярный электроджет

б) Экваториальный электроджет

в) Кольцевой ток

г) Ток Биркеланда

11. Какая область магнитосферы расположена на ночной стороне Земли?

а) Плазмосфера

б) Магнитный хвост

в) Магнитопауза

г) Радиационный пояс

12. Какой эффект вызывает прохождение радиоволн через ионосферу?

а) Усиление

б) Задержка и искривление

в) Поляризация

г) Полное поглощение

13. Что такое спорадический слой E?

а) Слой с аномально высокой электронной концентрацией на высотах около 100–120 км

б) Слой, возникающий только в полярных областях

в) Слой в термосфере с повышенной температурой

г) Слой с пониженной электронной концентрацией

14. Какой механизм отвечает за нагрев термосферы?

- а) Поглощение видимого света
- б) Поглощение ультрафиолетового и рентгеновского излучения
- в) Инфракрасное излучение Земли
- г) Трение о магнитосферу

15. Что такое плазмосфера?

- а) Внешняя область магнитосферы с горячей плазмой
- б) Внутренняя область магнитосферы с холодной плотной плазмой
- в) Область ионосферы над слоем F2
- г) Область нейтральной атмосферы

16. Какой слой ионосферы исчезает в ночное время?

- а) Слой D
- б) Слой E
- в) Слой F1
- г) Слой F2

17. Что такое рекомбинация в ионосфере?

- а) Процесс образования ионов под действием света
- б) Процесс объединения электрона и иона в нейтральную частицу
- в) Процесс диффузии ионов вверх
- г) Процесс дрейфа частиц в магнитном поле

18. Какой газ преобладает на высотах выше 200 км в термосфере?

- а) Молекулярный азот
- б) Молекулярный кислород
- в) Атомарный кислород
- г) Гелий

19. Что такое полярное сияние?

- а) Свечение верхней атмосферы, вызванное выпадением заряженных частиц
- б) Отражение солнечного света от ледяных кристаллов
- в) Излучение термосферы в инфракрасном диапазоне
- г) Свечение вулканического происхождения

20. Как влияет геомагнитная буря на ионосферу?

- а) Увеличивает электронную концентрацию во всех слоях
- б) Вызывает возмущения, уменьшение ТЕС, изменение структуры слоёв
- в) Не влияет
- г) Уменьшает высоту слоя F2

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Опишите строение нейтральной атмосферы и ионосферы Земли.
2. Какие физические процессы определяют поведение ионосферной плазмы?
3. Какую роль играет солнечное ультрафиолетовое и рентгеновское излучение в формировании ионосферы?
4. Запишите систему уравнений гидротермодинамики для нейтральной атмосферы и объясните физический смысл каждого уравнения.
5. Какие уравнения используются для описания переноса заряженных компонент в ионосферной плазме?
6. Как учитываются электромагнитные поля в ионосфере? Запишите уравнения Максвелла в приближении, применимом для ионосферной плазмы.
7. Какие численные методы наиболее часто применяются в геофизическом моделировании и в чем их преимущества?
8. Что такое устойчивость и сходимость конечно-разностной схемы? Приведите примеры явных и неявных схем.

9. Какие глобальные модели нейтральной атмосферы и ионосферы вы знаете? Кратко охарактеризуйте их.
10. Как организуются параллельные вычисления в задачах моделирования атмосферы и ионосферы?
11. Перечислите основные этапы проектирования численного эксперимента.
12. Как проводится верификация и валидация моделей геофизических процессов? Какие критерии и метрики используются?
13. Опишите методы моделирования атмосферных гравитационных и акустических волн. Каковы их дисперсионные соотношения?
14. Как моделируются ионосферные плазменные неоднородности?
15. Что такое методы ассимиляции данных и для чего они применяются?
16. Какие данные обычно ассимилируются в моделях ионосферы?
17. Какие современные технологии высокопроизводительных вычислений используются для ускорения геофизических расчётов?
18. Как методы машинного обучения могут быть применены в моделировании атмосферы и ионосферы?
19. Опишите комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера–магнитосфера и его роль в прогнозировании космической погоды.
20. Как результаты численного моделирования используются для прогноза возмущений радиосвязи, навигации и радиационной обстановки на орбитах?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в	Включает нижестоящий уровень.	хорошо		71-85

	более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы: учебник для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 9-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 636 с. — ISBN 978-5-00101-836-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126099>

Дополнительная литература:

1. Волков, Е. А. Численные методы: учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 252 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/254663>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Солнечно-земные связи и космическая погода».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических механизмах солнечно-земных взаимодействий, определяющих состояние космической погоды, а также практических навыков анализа, моделирования и прогнозирования её параметров для оценки и снижения рисков воздействия на технические и инфраструктурные системы в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические механизмы солнечно-земных взаимодействий и параметры космической погоды, влияющие на свойства материалов и работоспособность технических систем, а также требования к конструкторской документации при разработке аппаратуры, устойчивой к воздействиям космической среды. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели изделий, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять оборудование для измерения параметров космической погоды и проводить испытания материалов на устойчивость к её факторам. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией при создании аппаратуры для мониторинга космической погоды, методами контроля качества и испытаний, а также приёмами интерпретации результатов для оценки соответствия требованиям устойчивости к космической погоде.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Солнечно-земные связи и космическая погода» представляет собой

дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды	Предмет и задачи дисциплины, место солнечно-земных связей в системе наук о Земле и космосе, история исследований, основные физические процессы переноса энергии и вещества от Солнца к Земле.
2.	Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда	Строение и эволюция Солнца, солнечные циклы, солнечные пятна, вспышки, корональные выбросы массы, солнечный ветер, межпланетное магнитное поле и динамика гелиосферы.
3.	Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов	Наземные и космические средства мониторинга, солнечные обсерватории, спутниковые миссии, магнитометры, радиофизические комплексы, методы регистрации потоков частиц, электромагнитного излучения и плазменных параметров.
4.	Магнитогидродинамика и физика космической плазмы	Основы магнитогидродинамики, кинетическая теория плазмы, процессы переноса в космической среде, ударные волны, магнитное пересоединение, взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли.
5.	Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы	Структура и динамика магнитосферы, ионосферы и термосферы, радиационные пояса, полярные сияния, механизмы передачи энергии и формирования геофизических возмущений.

6.	Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов	Обработка данных солнечных наблюдений, временных рядов и спектров, анализ индексов солнечной и геомагнитной активности, методы статистики, спектрального анализа и визуализации данных.
7.	Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды	Физические и эмпирические модели солнечно-земных взаимодействий, численное моделирование магнитосферы и ионосферы, прогнозирование геомагнитных бурь и радиационной обстановки.
8.	Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей	Калибровка измерительных систем, оценка погрешностей, фильтрация шумов, методы валидации и верификации моделей, показатели точности прогнозов космической погоды.
9.	Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды	Машинное обучение, искусственный интеллект, обработка больших данных, нейросетевые методы прогнозирования, автоматизация мониторинга и поддержки принятия решений.
10.	Воздействие космической погоды на технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры	Влияние солнечной активности на спутники, навигацию, радиосвязь, авиацию, энергосистемы и космические аппараты, оценка рисков, инженерные методы защиты и обеспечение технологической устойчивости.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды

Вопросы для обсуждения: Космическая погода определяется солнечным ветром, геомагнитной активностью и потоками частиц. Основные геоэффективные солнечные явления: вспышки, выбросы корональной массы и высокоскоростные потоки.

Тема 2: Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда

Вопросы для обсуждения: Солнечная активность влияет на все параметры космической погоды через 11-летний цикл. Гелиосфера заполнена солнечным ветром с вмерзшим межпланетным магнитным полем.

Тема 3: Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов

Вопросы для обсуждения: Наземные методы включают магнитометры, ионозонды и радары. Спутниковые приборы измеряют параметры солнечного ветра, потоки частиц и геомагнитное поле в реальном времени.

Тема 4: Магнитогидродинамика и физика космической плазмы

Вопросы для обсуждения: Магнитогидродинамика описывает поведение плазмы в магнитном поле с помощью уравнений непрерывности, движения, индукции и энергии.

Тема 5: Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы

Вопросы для обсуждения: Магнитосфера отклоняет солнечный ветер, ионосфера влияет на радиоволны, термосфера нагревается солнечным излучением. Эти области связаны

через токи и поля.

Тема 6: Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов

Вопросы для обсуждения: Временные ряды содержат периодические и непериодические компоненты. Спектральный и корреляционный анализы выявляют тренды и связи между параметрами.

Тема 7: Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды

Вопросы для обсуждения: Эмпирические модели используют статистические связи, физические модели основаны на уравнениях МГД. Прогнозы делятся на краткосрочные и долгосрочные.

Тема 8: Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей

Вопросы для обсуждения: Контроль качества включает калибровку и фильтрацию выбросов. Верификация моделей проводится сравнением прогнозов с независимыми наблюдениями.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды

Вопросы для обсуждения: Методы машинного обучения улучшают прогнозирование геомагнитных бурь. Большие данные и цифровые двойники используются для моделирования космической среды.

Тема 10: Воздействие космической погоды на технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры

Вопросы для обсуждения: Геомагнитные бури вызывают блуждающие токи в энергосистемах. Ионосферные возмущения ухудшают точность навигации и связь. Потоки частиц создают радиационную опасность.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды

Вопросы для обсуждения: Анализ индексов солнечной активности и построение их графиков.

Тема 2: Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда

Вопросы для обсуждения: Расчёт времени прихода выброса корональной массы к Земле.

Тема 3: Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов

Вопросы для обсуждения: Определение критических частот ионосферы по данным ионозонда.

Тема 4: Магнитогидродинамика и физика космической плазмы

Вопросы для обсуждения: кинетическая теория плазмы

Тема 5: Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы

Вопросы для обсуждения: Построение высотных профилей электронной концентрации и расчёт ТЕС.

Тема 6: Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов

Вопросы для обсуждения: Фильтрация и спектральный анализ геомагнитных индексов.

Тема 7: Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды

Вопросы для обсуждения: Применение линейной регрессии для прогноза Кр-индекса.

Тема 8: Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей

Вопросы для обсуждения: Расчёт средней абсолютной ошибки прогноза.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды

Вопросы для обсуждения: Использование нейронной сети для классификации геомагнитной активности.

Тема 10: Воздействие космической погоды на технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры

Вопросы для обсуждения: Расчёт ионосферной задержки навигационного сигнала.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда	Анализ индексов солнечной активности и параметров солнечного ветра
2	Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов	Обработка данных спутниковых измерений для выявления геоэффективных выбросов корональной массы
3	Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов	Построение и анализ временных рядов геомагнитных индексов для идентификации магнитных бурь
4	Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли	Вычисление полного электронного содержания по данным спутниковых навигационных систем и корреляция с геомагнитной активностью
5	Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды	Применение простой эмпирической модели для прогноза индекса геомагнитной активности по параметрам солнечного ветра

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы солнечно-земных связей. Солнечная активность и гелиосфера. Методы наблюдений солнечно-земных процессов. Магнитогидродинамика космической плазмы. Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли. Анализ данных космической погоды. Моделирование и прогнозирование космической погоды. Контроль качества и верификация прогнозов. Интеллектуальные методы анализа. Воздействие космической погоды на технические системы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ индексов солнечной активности. Расчёт времени прихода выброса корональной массы. Определение критических частот ионосферы. Расчёт ларморовского радиуса и альфвеновской скорости. Оценка точности прогнозов. Использование нейронных сетей для классификации геомагнитной активности. Расчёт ионосферной задержки навигационного сигнала.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Солнечная активность и её проявления. Методы мониторинга космической погоды. Строение магнитосферы, ионосферы и термосферы. Анализ временных рядов и статистическая обработка данных. Типы моделей космической погоды. Оценка качества и верификация прогнозов. Применение машинного обучения. Влияние космической погоды на радиосвязь, навигацию и энергосистемы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие

действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды	ПК-2	Тестирование
Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда	ПК-2	Тестирование
Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов	ПК-2	Тестирование
Магнитогидродинамика и физика космической плазмы	ПК-2	Тестирование
Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы	ПК-2	Тестирование

Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов	ПК-2	Тестирование
Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды	ПК-2	Тестирование
Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей	ПК-2	Тестирование
Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды	ПК-2	Тестирование
Воздействие космической погоды на технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды»

1. Что такое космическая погода?

- а) Метеорологические явления в верхних слоях атмосферы
- б) Совокупность условий в околоземном космическом пространстве, определяемых солнечной активностью и взаимодействием солнечного ветра с магнитосферой Земли
- в) Погода на поверхности Солнца
- г) Климатические изменения на Земле

2. Какой параметр является основным индикатором солнечной активности?

- а) Скорость вращения Земли
- б) Число Вольфа (количество солнечных пятен)
- в) Интенсивность космических лучей
- г) Высота полярных сияний

3. Что такое выброс корональной массы (СМЕ)?

- а) Вспышка рентгеновского излучения на Солнце
- б) Выброс большого количества плазмы и магнитного поля из солнечной короны в межпланетное пространство
- в) Увеличение плотности солнечного ветра
- г) Корональная дыра

4. Какой процесс является основным источником энергии для возмущений космической погоды?

- а) Приливы и отливы
- б) Вулканическая активность
- в) Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли
- г) Движение тектонических плит

5. Что такое геомагнитная буря?

- а) Резкое возрастание температуры в ионосфере
- б) Сильное возмущение геомагнитного поля, вызванное воздействием солнечного ветра
- в) Изменение направления магнитных полюсов
- г) Выпадение метеоритов

6. Какой индекс используется для количественной оценки геомагнитной активности?

- а) А-индекс
- б) Кр-индекс

в) pH-индекс

г) UV-индекс

7. Что такое солнечный ветер?

а) Поток света от Солнца

б) Поток заряженных частиц (электронов, протонов), непрерывно истекающий из солнечной короны

в) Ветер в атмосфере Солнца

г) Поток нейтрино

8. Какой прибор измеряет параметры солнечного ветра на спутниках?

а) Барометр

б) Термометр

в) Анализатор плазмы и магнитометр

г) Гигрометр

9. Что происходит с магнитным полем Земли при ударе выброса корональной массы?

а) Оно ослабевает

б) Оно сжимается с наветренной стороны и вытягивается в хвост

в) Оно исчезает

г) Оно меняет полярность

10. Какое явление возникает в ионосфере под действием космической погоды?

а) Ионосферная буря (возмущение электронной концентрации)

б) Термический удар

в) Акустическая волна

г) Вакуумная вспышка

11. Как влияет геомагнитная буря на работу спутников?

а) Улучшает связь

б) Повышает радиационную нагрузку и может вызывать сбои электроники

в) Увеличивает срок службы

г) Не влияет

12. Что такое полярное сияние?

а) Отражение солнечного света от облаков

б) Свечение верхней атмосферы, вызываемое высыпанием энергичных заряженных частиц в полярных областях

в) Результат вулканической активности

г) Оптический обман зрения

13. Какой временной масштаб типичен для прогноза космической погоды после вспышки на Солнце?

а) Несколько минут

б) Несколько часов – несколько суток

в) Годы

г) Десятилетия

14. Какой параметр солнечного ветра является наиболее важным для прогноза геомагнитной активности?

а) Температура

б) Плотность

в) Скорость и южная компонента межпланетного магнитного поля

г) Давление

15. Какое из перечисленных явлений НЕ относится к космической погоде?

а) Магнитная буря

б) Ионосферное возмущение

в) Солнечное затмение

г) Высыпание энергичных частиц

Пример задания для лабораторной работы:

Тема: Анализ индексов солнечной активности и параметров солнечного ветра

Задания

1. Загрузка и первичный анализ данных

- 1.1. Импортируйте библиотеки `pandas`, `numpy`, `matplotlib.pyplot`, `seaborn`.
- 1.2. Загрузите файл `sunspot_data.csv` в `DataFrame` `df_sunspots`. Выведите первые 5 строк, информацию о типах данных и основные статистики.
- 1.3. Загрузите файл `solar_wind_data.csv` в `DataFrame` `df_sw`. Переведите столбец с датой в тип `datetime` и установите его в качестве индекса.
- 1.4. Проверьте наличие пропущенных значений. При их наличии решите, какой метод заполнения наиболее подходит (линейная интерполяция, заполнение соседними значениями).

2. Визуализация временных рядов

- 2.1. Постройте график среднемесячных чисел Вольфа за весь доступный период. Отметьте максимумы и минимумы 11-летних циклов.
- 2.2. На одном графике отобразите поток радиоизлучения F10.7 и числа Вольфа (с разными осями) – оцените корреляцию.
- 2.3. Для произвольного интервала (например, последние 3 года) построьте совместный график скорости солнечного ветра и плотности протонов.

3. Статистическая обработка

- 3.1. Рассчитайте скользящее среднее с окном 13 месяцев для чисел Вольфа, чтобы сгладить сезонные вариации.
- 3.2. Определите даты максимумов и минимумов циклов (с помощью поиска локальных экстремумов).
- 3.3. Вычислите коэффициент корреляции Пирсона между числами Вольфа и потоком F10.7, а также между числами Вольфа и средней скоростью солнечного ветра. Интерпретируйте полученные значения.

4. Анализ связи с геомагнитной активностью

- 4.1. Загрузите данные геомагнитного индекса Dst за тот же период (файл `dst_index.csv`).
- 4.2. Для периодов сильных геомагнитных бурь ($Dst < -100$ нТл) извлеките соответствующие значения скорости солнечного ветра и южной компоненты межпланетного магнитного поля B_z .
- 4.3. Постройте гистограммы распределения этих параметров во время бурь и сравните со среднегодовыми значениями.
- 4.4. Сделайте вывод о влиянии скорости и B_z на развитие геомагнитных бурь.

5. Подготовка отчёта

- 5.1. Сформируйте итоговую таблицу с характеристиками последних трёх 11-летних циклов (номера циклов, даты максимумов, средние числа Вольфа).
- 5.2. Сохраните очищенный и дополненный набор данных в файл `solar_activity_cleaned.csv`.
- 5.3. Напишите краткое заключение о наблюдаемых закономерностях.

Контрольные вопросы

1. Что характеризует число Вольфа? Как оно рассчитывается?
2. Почему поток F10.7 является удобным индикатором солнечной активности?
3. Какие основные параметры солнечного ветра влияют на геомагнитную активность?
4. Почему южная компонента межпланетного магнитного поля B_z особенно важна для пересоединения с магнитосферой?
5. Каким образом скользящее среднее помогает выявить долгопериодические тренды?

6. Для чего используются коэффициенты корреляции и как интерпретировать их значения?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Что такое космическая погода и какие параметры её характеризуют?
2. Каковы основные геоэффективные проявления солнечной активности (вспышки, выбросы корональной массы, корональные дыры)?
3. Опишите структуру и динамику солнечного ветра вблизи орбиты Земли.
4. Что такое 11-летний цикл солнечной активности и как он влияет на космическую погоду?
5. Какими методами и инструментами проводятся наземные наблюдения солнечно-земных связей?
6. Какие спутниковые приборы используются для мониторинга солнечного ветра и межпланетного магнитного поля?
7. Основные уравнения магнитогидродинамики и их применение к описанию солнечной плазмы.
8. Что такое альфвеновская скорость и плазменная бета, и каково их значение в физике космической плазмы?
9. Как устроена магнитосфера Земли (ударная волна, магнитопауза, плазмосфера, хвост магнитосферы)?
10. Каковы механизмы взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой и процессы пересоединения магнитных полей?
11. Какие токовые системы существуют в магнитосфере и ионосфере (кольцевой ток, полярный электроджет)?
12. Как образуется ионосфера? Опишите её основные слои D, E, F.
13. Влияние ионосферы на распространение радиоволн и точность навигационных систем (GPS/ГЛОНАСС).
14. Какие индексы используются для количественной оценки геомагнитной активности (Kp, Dst, AE)?
15. Как обрабатываются и анализируются временные ряды геофизических данных (фильтрация, спектральный анализ, корреляция)?
16. Типы моделей космической погоды (эмпирические, физические) и примеры (WSA-Enlil, STIPe).
17. Как прогнозируются выбросы корональной массы и время их прихода к Земле?
18. Каковы критерии верификации и методы оценки точности прогнозов космической погоды?
19. Как геомагнитные бури и потоки частиц воздействуют на космические аппараты, энергосистемы и связь?
20. Какие существуют методы защиты технических систем от неблагоприятных факторов космической погоды?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции,	Пятибалльная шкала (академическая)	Двухбалльная шкала,	БРС, % освоения (рейтинговая)

		критерии оценки сформированности)	оценка	зачет	оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Клибанова, Ю. Ю. Общие вопросы физики атмосферы, ионосферы и магнитосферы: учебное пособие / Ю. Ю. Клибанова. — Иркутск: Иркутский ГАУ, 2020. — Текст: электронный // ЭБС «Лань». — URL: <https://e.lanbook.com/book/183539>

Дополнительная литература:

1. Хаин, В. Е. Планета Земля. От ядра до ионосферы: учебное пособие / В. Е. Хаин, Н. В. Короновский. — 2-е изд. — М.: Издательство Московского университета, 2007.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным

лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Спутниковые навигационные системы».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области спутниковых навигационных систем, включая принципы функционирования, методы измерений, обработку сигналов, оценку точности и интеграцию с другими навигационными технологиями для решения прикладных задач в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-технические принципы построения и функционирования глобальных навигационных спутниковых систем, методы навигационных измерений и обработки сигналов, источники погрешностей и способы их компенсации, а также требования к конструкторской и технологической документации при разработке навигационной аппаратуры. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели навигационных систем, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять методы высокоточного позиционирования, пользоваться оборудованием для контроля и измерения параметров навигационных устройств и проводить их испытания для подтверждения заданных характеристик. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией при проектировании, изготовлении и испытаниях спутниковых навигационных систем, методами контроля качества и тестирования навигационной аппаратуры, а также приёмами

		обработки навигационных данных и интеграции ГНСС с другими системами.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические основы работы глобальных навигационных спутниковых систем, структуру навигационных сигналов, принципы функционирования приёмников, методы измерений и алгоритмы определения координат и времени, основные источники погрешностей и способы их компенсации, а также требования к конструкторской и технологической документации на навигационные устройства. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели навигационных систем, разрабатывать на их основе технологическую документацию с учётом технологичности, применять оборудование для контроля и измерения параметров навигационных сигналов и характеристик приёмников, проводить испытания для подтверждения свойств материалов и соответствия аппаратуры техническим требованиям. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией при проектировании, изготовлении и испытаниях навигационной аппаратуры, методами контроля качества и тестирования ГНСС-оборудования, приёмами обработки навигационных данных и оценки точности позиционирования, а также оформления результатов испытаний в соответствии с установленными нормами.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Спутниковые навигационные системы» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю,

выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в глобальные навигационные спутниковые системы	История развития спутниковой навигации, назначение и области применения ГНСС, сравнительный анализ систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, основные понятия и терминология.
2.	Архитектура ГНСС и навигационные сигналы	Космический, наземный и пользовательский сегменты ГНСС, орбитальные группировки, структура навигационных сообщений, характеристики и спектры навигационных сигналов различных систем.
3.	Навигационные приемники и методы измерений	Принципы функционирования навигационных приемников, кодовые и фазовые измерения, определение псевдодальностей, измерение доплеровского сдвига и времени.
4.	Методы определения координат, скорости и времени	Алгоритмы позиционирования, навигационная задача пользователя, системы координат и времени, методы вычисления пространственных координат и параметров движения.
5.	Источники погрешностей и методы повышения точности	Ошибки спутниковых эфемерид и часов, влияние ионосферы и тропосферы, многолучевость, шумы измерений, методы компенсации и оценки точности навигационных решений.
6.	Технологии высокоточного спутникового позиционирования	Дифференциальные методы навигации, DGPS, SBAS, RTK, Network RTK, PPP, сервисы коррекции и методы достижения сантиметровой точности.
7.	Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных	Комплексирование ГНСС с инерциальными навигационными системами, датчиками движения и ориентации, основы фильтрации данных и повышения устойчивости навигационных

		решений.
8.	Контроль качества, мониторинг и тестирование навигационных систем	Методы оценки качества навигационных данных, испытания аппаратуры потребителей, анализ надежности, стандарты и нормативные требования к навигационным системам.
9.	Современные технологии и перспективы развития ГНСС	Многочастотные и мультисистемные приемники, технологии PPP-RTK, облачные сервисы навигации, навигация в условиях помех и перспективные направления развития отрасли.
10.	Практическое применение спутниковых навигационных технологий	Использование ГНСС в геодезии, транспорте, авиации, морской навигации, робототехнике, беспилотных системах и интеллектуальных транспортных комплексах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в глобальные навигационные спутниковые системы

Вопросы для обсуждения: Этапы развития ГНСС и их сравнение. Спутниковый, наземный и пользовательский сегменты ГНСС. Основные задачи, решаемые с помощью спутниковой навигации в наукоёмких производствах. Принципы определения местоположения по сигналам спутников.

Тема 2: Архитектура ГНСС и навигационные сигналы

Вопросы для обсуждения: Орбитальные группировки ГНСС: типы орбит, высоты, периоды обращения. Частотные диапазоны L1, L2, L5 и структура навигационных сигналов. Псевдослучайные последовательности для идентификации спутников. Состав навигационного сообщения: эфемериды, альманах, временные поправки.

Тема 3: Навигационные приемники и методы измерений

Вопросы для обсуждения: Устройство ГНСС-приёмника: антенна, радиочастотный тракт, коррелятор, процессор. Фазовый метод измерений и его точность. Измерение доплеровского сдвига частоты.

Тема 4: Методы определения координат, скорости и времени

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости по доплеровским измерениям. Синхронизация часов приёмника по спутниковым сигналам. Алгоритмы пересчёта координат из геоцентрической системы в местную топоцентрическую.

Тема 5: Источники погрешностей и методы повышения точности

Вопросы для обсуждения: Ионосферная и тропосферная задержки сигналов и способы их компенсации. Эфемеридные погрешности и ошибки часов спутников. Многолучевое распространение сигналов и методы его ослабления.

Тема 6: Технологии высокоточного спутникового позиционирования

Вопросы для обсуждения: Принципы работы кинематики реального времени RTK. Использование двухчастотных и многочастотных приёмников для устранения ионосферных ошибок.

Тема 7: Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных

Вопросы для обсуждения: Интеграция ГНСС с инерциальными навигационными системами INS. Схемы комплексирования: слабое, тесное, глубокое.

Тема 8: Контроль качества, мониторинг и тестирование навигационных систем

Вопросы для обсуждения: Методы контроля целостности навигационного сигнала RAIM и

FDE. Наземные системы мониторинга и оценки точности ГНСС.

Тема 9: Современные технологии и перспективы развития ГНСС

Вопросы для обсуждения: Новые частотные диапазоны и сигналы L2C, L5, L1C. Использование GNSS для рефлектометрии и дистанционного зондирования. Спутниковые системы расширения SBAS и их региональные реализации. Перспективы интеграции ГНСС с 5G и низкоорбитальными спутниковыми системами связи.

Тема 10: Практическое применение спутниковых навигационных технологий

Вопросы для обсуждения: Применение ГНСС в геодезии и кадастре. Использование в транспортных системах: автопилоты, мониторинг флота. Спутниковая навигация в сельском хозяйстве: автовождение техники. Решения для беспилотных летательных аппаратов и робототехники.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в глобальные навигационные спутниковые системы

Вопросы для обсуждения: Анализ пространственной конфигурации спутников для заданного места и времени. Расчёт числа видимых спутников по альманаху.

Тема 2: Архитектура ГНСС и навигационные сигналы

Вопросы для обсуждения: Вычисление частот несущих и длин волн для разных диапазонов ГНСС. Определение задержки псевдослучайной последовательности по кодовой фазе. Расчёт расстояния до спутника по времени распространения сигнала.

Тема 3: Навигационные приёмники и методы измерений

Вопросы для обсуждения: Вычисление погрешности измерения псевдодальности при заданном отношении сигнал/шум. Оценка минимальной чувствительности приёмника.

Тема 4: Методы определения координат, скорости и времени

Вопросы для обсуждения: Расчёт местоположения по псевдодальномерным измерениям с использованием линеаризации и итераций.

Тема 5: Источники погрешностей и методы повышения точности

Вопросы для обсуждения: Расчёт ионосферной задержки для одночастотного и двухчастотного приёмников. Определение поправки по дифференциальному методу. Оценка влияния многолучевости на псевдодальность.

Тема 6: Технологии высокоточного спутникового позиционирования

Вопросы для обсуждения: Анализ времени фиксации фазы несущей. Расчёт точности позиционирования по RTK и PPP. Сравнение результатов с автономным режимом.

Тема 7: Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных

Вопросы для обсуждения: Оценка улучшения точности при пропадании ГНСС-сигнала. Расчёт весовых коэффициентов при комплексировании.

Тема 8: Контроль качества, мониторинг и тестирование навигационных систем

Вопросы для обсуждения: Анализ контрольных карт для мониторинга стабильности измерений. Калибровка приёмника по эталонному сигналу от симулятора.

Тема 9: Современные технологии и перспективы развития ГНСС

Вопросы для обсуждения: Расчёт дополнительных поправок для повышения точности. Анализ возможностей новых сигналов L5 по подавлению многолучевости.

Тема 10: Практическое применение спутниковых навигационных технологий

Вопросы для обсуждения: Оценка точности для статического и кинематического режимов. Подготовка отчёта по результатам навигационных измерений.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в ГНСС. Архитектура ГНСС и навигационные сигналы. Навигационные приёмники и методы измерений. Методы

определения координат, скорости и времени. Источники погрешностей и методы повышения точности. Технологии высокоточного позиционирования (RTK, PPP). Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных. Контроль качества, мониторинг и тестирование ГНСС. Современные технологии и перспективы развития ГНСС. Практическое применение спутниковых навигационных технологий.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт числа видимых спутников по альманаху. Вычисление частот и длин волн навигационных сигналов. Решение навигационной задачи методом наименьших квадратов. Расчёт ионосферной задержки для одночастотного и двухчастотного приёмников. Оценка влияния многолучевости.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Принципы определения координат по ГНСС. Состав навигационного сообщения (эфемериды, альманах). Псевдодальномерный и фазовый методы измерений. Доплеровский метод определения скорости. Ионосферные, тропосферные, эфемеридные погрешности.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации

обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в глобальные спутниковые навигационные системы	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Архитектура ГНСС и навигационные сигналы	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Навигационные приемники и методы измерений	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Методы определения координат, скорости и времени	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Источники погрешностей и методы повышения точности	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Технологии высокоточного спутникового позиционирования	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Контроль качества, мониторинг и тестирование навигационных систем	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Современные технологии и перспективы развития ГНСС	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Практическое применение спутниковых навигационных технологий	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в глобальные навигационные спутниковые системы»

- Какая страна является разработчиком и владельцем системы ГЛОНАСС?**
 - США
 - Китай
 - Россия
 - Европейский союз
- Сколько спутников необходимо для определения трёх координат и поправки часов приёмника?**
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
- Какой принцип лежит в основе измерения расстояния от приёмника до спутника в ГНСС?**

- а) По времени распространения радиосигнала при известной скорости света
 - б) По амплитуде принятого сигнала
 - в) По углу прихода сигнала
 - г) По фазе несущей частоты
4. **Какое название носит американская глобальная навигационная спутниковая система?**
- а) ГЛОНАСС
 - б) Galileo
 - в) BeiDou
 - г) GPS
5. **Какой элемент не входит в состав космического сегмента ГНСС?**
- а) Орбитальная группировка спутников
 - б) Наземный комплекс управления
 - в) Навигационные сигналы
 - г) Приёмники пользователей
6. **Какие из перечисленных ГНСС являются полностью развёрнутыми и глобальными?**
- а) GPS и ГЛОНАСС
 - б) только GPS
 - в) только Galileo
 - г) только BeiDou
7. **Что такое альманах в навигационном сообщении ГНСС?**
- а) Точные эфемериды всех спутников
 - б) Приближённые параметры орбит всех спутников системы
 - в) Временные поправки часов спутника
 - г) Ионосферная модель
8. **Какой метод измерения псевдодальности является наиболее точным?**
- а) Кодовый
 - б) Фазовый
 - в) Амплитудный
 - г) Энергетический
9. **Что означает термин «многолучевость» в контексте ГНСС?**
- а) Одновременный приём сигналов от нескольких спутников
 - б) Приём сигнала, отражённого от местных предметов, что искажает измерение дальности
 - в) Использование двух частот для компенсации ионосферной погрешности
 - г) Работа приёмника в режиме RTK
10. **Какая частота используется в ГЛОНАСС в качестве стандартной для гражданских навигационных сигналов L1?**
- а) 1575,42 МГц
 - б) 1227,60 МГц
 - в) 1176,45 МГц
 - г) 1602,0 МГц
11. **Что такое дифференциальная коррекция (DGNSS)?**
- а) Использование двухчастотного приёмника
 - б) Учёт движения спутников по точным эфемеридам
 - в) Устранение общей погрешности с помощью базовой станции
 - г) Применение режима RTK
12. **Какой спутниковый сигнал гражданского назначения в системе GPS передаётся на частоте L5?**
- а) L1 C/A
 - б) L2C
 - в) L5
 - г) L1 P

13. **Выберите верное утверждение о системе BeiDou.**
- а) Это система только регионального покрытия
 - б) Она разработана в Европейском союзе
 - в) Включает спутники на геостационарной и наклонной геосинхронной орбитах
 - г) Использует только кодовые измерения
14. **Что такое геометрический фактор (DOP)?**
- а) Показатель точности определения координат в зависимости от взаимного расположения спутников
 - б) Количество видимых спутников
 - в) Погрешность часов приёмника
 - г) Отношение сигнал/шум
15. **Какая ГНСС первой была развёрнута и введена в эксплуатацию?**
- а) ГЛОНАСС
 - б) GPS
 - в) Galileo
 - г) BeiDou
16. **Какова основная задача наземного сегмента управления ГНСС?**
- а) Отслеживание орбит спутников и синхронизация их времени
 - б) Обработка запросов пользователей
 - в) Генерация дифференциальных поправок
 - г) Продажа навигационного оборудования
17. **Что означает аббревиатура RAIM?**
- а) Функция автоматического выбора спутников
 - б) Автономный контроль целостности навигационных данных приёмником
 - в) Режим высокоточного позиционирования
 - г) Алгоритм комплексирования с инерциальной системой
18. **Какая высота орбиты типична для спутников GPS и ГЛОНАСС?**
- а) 500–1000 км
 - б) 5000–10000 км
 - в) 19100–20200 км
 - г) 35786 км
19. **Какой метод используется для устранения ионосферной задержки в двухчастотных приёмниках?**
- а) Дифференциальная коррекция
 - б) Использование комбинации измерений на двух частотах
 - в) Фильтр Калмана
 - г) RTK
20. **Что такое SBAS?**
- а) Система спутникового мониторинга целостности
 - б) Система дифференциальной коррекции, передаваемая через геостационарные спутники
 - в) Прогноз ионосферы на основе спутниковых данных
 - г) Дополнительная орбитальная группировка для повышения точности

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Что такое глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС)? Какие основные системы ГНСС действуют в мире?
2. Опишите состав и назначение трех сегментов любой ГНСС (космический, наземный, пользовательский).
3. В чем различие между GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou по орбитальным параметрам и частотному разделению?
4. Каков принцип определения местоположения по измерениям псевдодальности до спутников?

5. Почему для определения трех пространственных координат и поправки часов приемника необходимо минимум 4 спутника?
6. Что такое псевдослучайная последовательность (PRN) и как она используется для идентификации спутников?
7. Из каких основных узлов состоит типовой ГНСС-приемник? Назначение антенны, РЧ-тракта, коррелятора и процессора.
8. Объясните кодовый метод измерения псевдодальности (code phase) и его точность.
9. В чем суть фазового метода измерений (carrier phase) и почему он дает более высокую точность?
10. Как с помощью ГНСС измеряется скорость движения объекта (доплеровский метод)?
11. Что такое эфемериды и альманах? Какая информация содержится в навигационном сообщении каждого спутника?
12. Каковы основные источники погрешностей ГНСС-измерений (ионосферные, тропосферные, эфемеридные, многолучевость)?
13. Как влияет ионосфера на распространение радиосигналов? Какими способами можно компенсировать ионосферную задержку?
14. Что такое геометрический фактор (DOP – Dilution of Precision) и как он влияет на точность позиционирования?
15. Дайте определение дифференциального режима (DGNSS). Как базовая станция позволяет уменьшить общие погрешности?
16. Объясните принцип работы режима RTK (Real-Time Kinematic). Какая точность достигается и каковы условия его применения?
17. Что такое технология точного точечного позиционирования (PPP) и чем она отличается от RTK?
18. Какие новые сигналы (L2C, L5, L1C) введены в современных ГНСС и для каких целей они предназначены?
19. Для чего используются системы спутниковой коррекции (SBAS, например, WAAS, EGNOS, MSAS)?
20. Как осуществляется интеграция ГНСС с инерциальной навигационной системой (INS)? Какие схемы комплексирования существуют?
21. Каковы преимущества интеграции ГНСС с инерциальными датчиками в условиях пропадания сигнала (тоннели, городская застройка)?
22. Что такое контроль целостности навигационного сигнала (RAIM, FDE)? Как приемник самостоятельно обнаруживает сбойный спутник?
23. Какие методы используются для мониторинга качества и тестирования навигационных систем в лабораторных условиях?
24. Как проводится калибровка ГНСС-приемников и антенн? Какие инструменты для этого применяются?
25. Приведите примеры применения спутниковых навигационных систем в геодезии и картографии.
26. Как ГНСС используются в системах управления транспортными средствами (мониторинг, автопилот)?
27. Каково значение спутниковой навигации в сельском хозяйстве (автовождение тракторов, точное земледелие)?
28. Расскажите о роли ГНСС в беспилотных летательных аппаратах и робототехнике.
29. Опишите перспективы развития ГНСС: интеграция с 5G, использование низкоорбитальных спутников, новые частотные диапазоны.
30. В чем отличие относительного позиционирования от абсолютного? Когда применяется каждый из методов?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически	удовлетворительно		55-70

(достаточный)		контролируемого материала			
Недостаточный	Отсутствие признаков	удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Богданов, М. Р. Применения GPS/ГЛОНАСС: учебное пособие / М. Р. Богданов. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2026. — 135 с. — ISBN 978-5-91559-109-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477447>

Дополнительная литература:

1. Куприянов, А. О. Глобальные навигационные спутниковые системы: учебное пособие / А. О. Куприянов; Московский государственный университет геодезии и картографии.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Оптика и фотоника»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Введение в физическую химию»
 - 4.2. Программа дисциплины «Основы физики лазеров»
 - 4.3. Программа дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом»
 - 4.4. Программа дисциплины «Основы оптоэлектроники»
 - 4.5. Программа дисциплины «Основы фотоники молекул и комплексов»
 - 4.6. Программа дисциплины «Основы рентгеновской оптики»
 - 4.7. Программа дисциплины «Основы биофотоники»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Оптика и фотоника»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физико-химических основ взаимодействия излучения с веществом, включая элементарные акты поглощения, испускания и рассеяния света в молекулах, комплексах и конденсированных средах.
2. Изучение принципов генерации, усиления и модуляции лазерного излучения, типов лазеров и их применения в наукоёмких технологиях.
3. Формирование знаний о квантовых и волновых явлениях при генерации, передаче и детектировании оптического излучения, а также о физических основах работы оптоэлектронных приборов.
4. Освоение закономерностей распространения и преобразования оптического излучения в линейных и нелинейных средах, включая рентгеновский диапазон.
5. Изучение методов спектроскопии и микроскопии для исследования молекулярной и электронной структуры материалов, включая биологические объекты.
6. Приобретение навыков расчёта и проектирования оптических и фотонных систем, в том числе на основе нелинейно-оптических и биофотонных эффектов.
7. Развитие способности применять оптические и фотонные методы для диагностики, сенсорики, управления излучением и обработки информации в наукоёмких производствах.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: фундаментальные физические принципы генерации, распространения, преобразования и регистрации оптического излучения, включая квантово-волновую природу света, взаимодействие с веществом (линейное и нелинейное), а также основы проектирования оптических и фотонных систем с учётом технологичности и рационального использования ресурсов. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и

		3D-модели фотонных устройств и систем, выполнять стационарные и нестационарные расчёты оптических, тепловых и электромагнитных полей в САЕ-средах, обосновывать выбор оптических и структурных параметров на основе физического моделирования. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей для фотонных систем, методами компьютерного моделирования распространения излучения и тепловых режимов, приёмами интеграции результатов физического анализа в инженерные и технологические решения.
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические принципы взаимодействия оптического и рентгеновского излучения с веществом, основы генерации и усиления лазерного излучения, работу оптоэлектронных и биофотонных систем, свойства фотонных материалов, методы контроля и измерения параметров излучения, а также требования к конструкторской и технологической документации в области оптического приборостроения. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели фотонных устройств и систем, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять контрольно-измерительное оборудование для проверки оптических, спектральных и эксплуатационных характеристик, а также проводить испытания для подтверждения свойств материалов и качества изделий. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией при подготовке производства и испытаний фотонных систем, методами метрологического контроля параметров лазерного и

		некогерентного излучения, приёмами проведения квалификационных испытаний оптических устройств и оценки соответствия их характеристик техническому заданию.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические принципы генерации, преобразования и регистрации оптического излучения, методы взаимодействия излучения с веществом, метрологические основы испытаний оптических и фотонных систем, а также требования к конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний оптических и лазерных устройств, составлять программы испытаний, разрабатывать документацию на необходимую испытательную оснастку, применять специальное контрольно-измерительное оборудование для контроля параметров фотонных систем. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией в процессе проведения испытаний, методами планирования и организации испытаний оптического и лазерного оборудования, приёмами эксплуатации специального измерительного оборудования и интерпретации результатов испытаний для оценки соответствия фотонных изделий техническому заданию.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от

дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Введение в физическую химию».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических закономерностях протекания химических процессов, термодинамических и кинетических основах химических реакций, а также практических навыков применения физико-химических методов для анализа, синтеза и контроля свойств материалов, используемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физико-химические закономерности протекания химических процессов, определяющие поведение материалов при испытаниях; методы и средства физико-химического анализа, применяемые для контроля параметров материалов и изделий; порядок работы с конструкторской и технологической документацией при проведении физико-химических испытаний. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний материалов и изделий; применять специальное физико-химическое оборудование для измерения параметров образцов; составлять программы испытаний, включающие физико-химические методы контроля свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией в процессе испытаний; методами калибровки и эксплуатации специального физико-химического оборудования; приёмами интерпретации результатов физико-химических испытаний и оформления

		заключений о соответствии материалов требованиям технической документации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Введение в физическую химию» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы дисциплины	Предмет и задачи физической химии. Роль химической термодинамики и кинетики. Связь с общей химией, физикой и материаловедением.
2.	Базовые концепции	Термодинамические системы, параметры состояния. Первое и второе начала термодинамики. Понятие о химическом потенциале. Основы химической кинетики: скорость реакции, закон действующих масс, энергия активации.
3.	Экспериментальные методы физической химии	Калориметрия, методы измерения скорости реакций. Спектроскопические методы (УФ, ИК, Раман). Хроматографические методы анализа.
4.	Современное приборное обеспечение	УФ-видимые и ИК-спектрометры, газовые и жидкостные хроматографы, масс-спектрометры, калориметры. Применение для термодинамических и кинетических исследований.
5.	Методология эксперимента и обработка результатов	Планирование физико-химического эксперимента. Выбор методики и оборудования. Статистическое планирование измерений, оценка погрешностей.

6.	Обработка и интерпретация данных	Расчёт изменений энтальпии, энтропии, энергии Гиббса. Обработка кинетических кривых, определение порядка реакции и константы скорости.
7.	Проведение физико-химических измерений	Определение констант равновесия спектрофотометрическим методом. Исследование скорости реакции методом начальных скоростей. Построение фазовых диаграмм.
8.	Валидация и статистический контроль	Сравнение с литературными данными. Статистические критерии (F-тест, t-тест). Оценка воспроизводимости, прецизионности и правильности результатов.
9.	Современные технологии	Обзор современных вычислительных методов (основы квантово-химического моделирования, ознакомительный уровень). Перспективы применения цифровых технологий и элементов искусственного интеллекта в химической кинетике.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы дисциплины

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи физической химии. Место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и наукоёмкими технологиями. Основные методы физико-химических исследований. Термодинамический и статистический подходы.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия химической термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса. Первое, второе и третье начала термодинамики. Термохимия. Закон Гесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Классификация физико-химических методов анализа. Хроматография, масс-спектрометрия. Потенциометрия, кондуктометрия. Принципы выбора метода.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Устройство и принцип работы спектрофотометра, хроматографа, масс-спектрометра. Автоматизация измерений. Цифровая регистрация данных.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Планирование физико-химического эксперимента. Выбор условий измерения. Подготовка проб. Калибровка приборов. Первичная обработка данных.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Графические и аналитические методы обработки. Линеаризация зависимостей. Определение параметров уравнений (констант, коэффициентов). Оценка погрешностей и неопределённостей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Измерение тепловых эффектов (калориметрия). Измерение электропроводности и ЭДС. Измерение pH. Спектральные измерения. Кинетические измерения.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Валидация методик измерений. Статистический контроль качества результатов. Анализ точности и воспроизводимости. Контрольные карты. Оценка неопределённости.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Автоматизация физико-химического эксперимента. Использование компьютерного моделирования. Высокопроизводительный скрининг. Применение роботизированных систем. Искусственный интеллект в обработке данных.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Работа с учебной и справочной литературой. Размерности физико-химических величин. Составление таблиц термодинамических данных.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на закон Гесса и расчёт тепловых эффектов. Расчёт изменения энтропии и энергии Гиббса. Определение направления процесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Выбор метода для конкретной задачи (идентификация вещества, измерение концентрации, определение термодинамических параметров). Обсуждение достоинств и недостатков методов.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством спектрофотометра, хроматографа, pH-метра. Изучение инструкций. Настройка и калибровка приборов.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Составление плана эксперимента для заданной задачи. Подготовка проб и растворов. Проведение калибровочного графика.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Построение калибровочных графиков. Расчёт неизвестных концентраций. Линеаризация зависимостей (метод наименьших квадратов). Оценка погрешностей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Выполнение учебных измерений. Обработка результатов и оформление отчёта.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Расчёт среднего, дисперсии, стандартного отклонения. Построение контрольной карты. Анализ результатов на предмет выбросов.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Работа с компьютерными программами для обработки спектральных данных. Использование симуляторов физико-химических экспериментов. Обсуждение современных публикаций.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы дисциплины. Базовые концепции. Экспериментальные методы физической химии. Современное приборное обеспечение. Методология эксперимента и обработка результатов. Обработка и интерпретация данных. Проведение физико-химических измерений. Валидация и статистический контроль. Современные технологии.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт тепловых эффектов и энергии Гиббса. Обработка калибровочных графиков. Расчёт концентраций по спектрофотометрическим данным. Построение контрольных карт и оценка погрешностей. Подготовка проб и проведение расчётов по результатам рН-метрии и кондуктометрии.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термодинамические законы и расчёты. Физико-химические методы анализа. Устройство и принцип работы приборов. Оценка неопределённости измерений. Статистическая обработка результатов. Валидация методик.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции	Оценочные средства по этапам формирования компетенций

	(или ее части)	текущий контроль по дисциплине
Основы дисциплины	ПК-3	Тестирование
Базовые концепции	ПК-3	Тестирование
Экспериментальные методы физической химии	ПК-3	Тестирование
Современное приборное обеспечение	ПК-3	Тестирование
Методология эксперимента и обработка результатов	ПК-3	Тестирование
Обработка и интерпретация данных	ПК-3	Тестирование
Проведение физико-химических измерений	ПК-3	Тестирование
Валидация и статистический контроль	ПК-3	Тестирование
Современные технологии	ПК-3	Тестирование
Комплексное применение	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

- Что является предметом физической химии?**
 - Только химические реакции органических веществ
 - Химические явления и процессы с точки зрения их физической сущности
 - Строение атомного ядра
 - Механические свойства материалов
- Какая из задач не относится к физической химии?**
 - Изучение скоростей химических реакций
 - Изучение тепловых эффектов реакций
 - Синтез новых органических соединений
 - Исследование условий химического равновесия
- Какой раздел физической химии изучает превращения энергии в химических процессах?**
 - Химическая кинетика
 - Химическая термодинамика
 - Электрохимия
 - Коллоидная химия
- Химическая кинетика изучает:**
 - Скорости и механизмы химических реакций
 - Тепловые эффекты реакций
 - Равновесие в гетерогенных системах
 - Электропроводность растворов
- С какой наукой физическая химия имеет наиболее тесную связь?**
 - Биология
 - Геология

- в) Физика
- г) Астрономия

6. **Что изучает химическая термодинамика?**

- а) Строение молекул
- б) Энергетику и направление химических процессов
- в) Скорость протекания реакции
- г) Каталитические явления

7. **Для чего нужны знания физической химии в материаловедении?**

- а) Для прогнозирования свойств материалов и условий их синтеза
- б) Только для расчёта массы образца
- в) Для изучения микроструктуры
- г) Только для контроля размеров

8. **Какой метод НЕ относится к физико-химическим методам анализа?**

- а) Спектрофотометрия
- б) Потенциометрия
- в) Титриметрия (объёмный анализ)
- г) Хроматография

9. **Что изучает химическая термодинамика?**

- а) Только экзотермические реакции
- б) Энергетику и направление химических процессов
- в) Скорость протекания реакции
- г) Каталитические явления

10. **Какой закон лежит в основе термохимии?**

- а) Закон Авогадро
- б) Закон Гесса
- в) Закон Фарадея
- г) Правило фаз Гиббса

11. **Что позволяет предсказать знак изменения энергии Гиббса (ΔG) в химической реакции?**

- а) Скорость реакции
- б) Направление самопроизвольного протекания
- в) Тепловой эффект
- г) Механизм реакции

12. **Какое понятие в физической химии характеризует меру неупорядоченности системы?**

- а) Энтальпия
- б) Энергия Гиббса
- в) Энтропия
- г) Теплоёмкость

13. **Почему физическую химию называют теоретической основой химической технологии?**

- а) Она позволяет рассчитывать оптимальные условия процессов
- б) Она описывает только лабораторные реакции

- в) Она не связана с производством
- г) Она изучает только строение веществ

14. Какой из разделов физической химии изучает поверхностные явления и дисперсные системы?

- а) Электрохимия
- б) Коллоидная химия
- в) Фотохимия
- г) Радиохимия

15. Что такое «физико-химический анализ» по Курнакову?

- а) Изучение зависимости свойств системы от её состава
- б) Определение элементного состава
- в) Измерение температуры
- г) Качественный анализ смеси

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет, задачи и место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и материаловедением.
2. Основные понятия химической термодинамики: система, фаза, компонент, термодинамические параметры. Классификация систем.
3. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Физический смысл и связь между ними.
4. Первое начало термодинамики. Тепловые эффекты химических реакций.
5. Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния. Критерии направления самопроизвольных процессов.
6. Третье начало термодинамики. Абсолютная энтропия. Невозможность достижения абсолютного нуля температур.
7. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа химического равновесия. Изотерма химической реакции.
8. Зависимость константы равновесия от температуры.
9. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость. Закон действующих масс для элементарных реакций. Порядок и молекулярность.
10. Кинетические уравнения реакций нулевого, первого, второго порядков. Период полупревращения. Энергия активации.
11. Классификация физико-химических методов анализа (спектральные, электрохимические, хроматографические, термические). Принципы выбора метода.

12. Спектрофотометрия и фотоколориметрия. Применение для количественного анализа.
13. Потенциометрия. Определение рН. Ионоселективные электроды.
14. Кондуктометрия. Электропроводность растворов электролитов. Применение для анализа солей и кислот.
15. Хроматография (газовая, жидкостная, тонкослойная). Принцип разделения. Качественный и количественный анализ.
16. Устройство и принцип работы спектрофотометра, рН-метра, кондуктометра. Автоматизация измерений.
17. Планирование физико-химического эксперимента. Калибровка приборов. Подготовка проб. Оценка погрешностей измерений.
18. Статистическая обработка результатов. Среднее арифметическое, дисперсия, стандартное отклонение. Построение калибровочного графика (метод наименьших квадратов).
19. Валидация методик физико-химического анализа. Параметры валидации (специфичность, линейность, точность, прецизионность). Контрольные карты.
20. Современные тенденции: автоматизация эксперимента, использование компьютерного моделирования, искусственный интеллект в обработке спектральных данных.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100

Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Бажин, Н. М. Начала физической химии: учебное пособие / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. — Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-16-009055-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=371882>
2. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. — 7-е изд., электрон. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 410 с. — ISBN 978-5-906828-87-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97412>

Дополнительная литература:

1. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия: учебное пособие / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1380-5. — Текст:

электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4312>

2. Борисов, И. М. Введение в физическую химию: учебник / И. М. Борисов. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-507-46841-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/334491>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы физики лазеров».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний о физических принципах генерации, усиления и распространения лазерного излучения, устройстве и режимах работы основных типов лазеров, а также о современных лазерных технологиях и технологических процессах с применением лазеров, необходимых для решения профессиональных задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические принципы генерации лазерного излучения, устройство и режимы работы лазерных систем, свойства материалов при лазерной обработке, а также требования к конструкторской и технологической документации. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели лазерных установок, разрабатывать технологическую документацию, применять контрольно-измерительное оборудование для диагностики параметров излучения и проводить испытания свойств материалов. Владеть: навыками работы с документацией при подготовке и проведении лазерных технологических процессов, методами контроля качества обработки и эксплуатации измерительного оборудования для анализа взаимодействия излучения с веществом.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы физики лазеров» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение.	История развития квантовой электроники, пути ее становления, современное состояние и пути дальнейшего совершенствования.
2.	Полуклассическая теория излучения и поглощения.	Постулаты Эйнштейна. Понятие индуцированных переходов. Коэффициенты Эйнштейна и связь между ними. Формула Планка.
3.	Основы квантовой теории излучения и поглощения	Двухуровневая система. Матрица плотности. Уравнение Шредингера. Квантование фотонного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Понятие разности населенностей. Связи элементов матрицы плотности с дипольным моментом, макроскопической поляризацией и разностью населенностей.
4.	Открытые резонаторы	Роль резонаторов. Переход к коротким волнам. Прореживание спектра в открытых резонаторах. Число Френеля. Продольные и поперечные моды. Типы открытых резонаторов. Понятие устойчивости. Неустойчивые резонаторы.
5.	Общая теория квантовых генераторов.	Волновой и квантовый аспекты теории. Макроскопическая поляризация и дипольный момент. Волновое уравнение. Представление поля в виде скалярного потенциала. Квантовые уравнения для матрицы плотности. Одномодовое приближение. Полная система уравнений. Укороченные уравнения. Условие самовозбуждения. Стационарная генерация

6.	Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов	Атомарные газовые лазеры. Молекулярные газовые лазеры. Химические лазеры. Твердотельные лазеры. Лазеры на красителях. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Перестройка частоты. Техника сверхкоротких импульсов и ее применение.
7.	Современные инновационные лазерные системы	Полупроводниковые лазеры, твердотельные лазеры с диодной накачкой. Чип-лазеры. Кольцевые лазеры. Лазеры на микросферах. Гибридные твердотельные лазеры. Дисковые лазеры. Волоконные лазеры. Режимы работы лазеров с полупроводниковой накачкой.
8.	Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров	Лазеры как источники мощного и монохроматического излучения. Физические процессы, сопровождающие применение технологических лазеров. Технологические процессы с использованием лазеров: сварка, резка, обработка поверхностей. Научно-технологическое и медицинское применение.
9.	Типы технологических лазеров.	Твердотельные технологические лазеры. CO ₂ лазеры различных типов. Эксимерные и полупроводниковые лазеры. Характеристики технологических лазеров. Достоинства и недостатки технологических лазеров. Области применения в современных технологиях.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение.

Вопросы для обсуждения: История развития лазерной физики. Основные области применения лазеров в науке, технике и медицине. Спектр электромагнитного излучения и место лазерного излучения. Принципиальное отличие лазерного излучения от теплового. Понятие когерентности и монохроматичности.

Тема 2: Полуклассическая теория излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие электромагнитного поля с двухуровневой системой. Эйнштейновские коэффициенты спонтанного, вынужденного излучения и поглощения.

Тема 3: Основы квантовой теории излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Квантование электромагнитного поля. Понятие фотона. Операторы рождения и уничтожения. Когерентные состояния. Вероятность переходов под действием излучения. Правила отбора.

Тема 4: Открытые резонаторы

Вопросы для обсуждения: Понятие открытого резонатора. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Структура мод в резонаторе. Дифракционные потери. Добротность резонатора.

Тема 5: Общая теория квантовых генераторов.

Вопросы для обсуждения: Условие генерации лазера. Инверсия населённости. Методы создания инверсии. Уравнения баланса. Стационарная генерация. Влияние параметров резонатора и активной среды на мощность и частоту излучения.

Тема 6: Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения: Газовые лазеры. Твердотельные лазеры. Полупроводниковые лазеры. Жидкостные лазеры. Режимы работы: непрерывный, импульсный, модуляция добротности, синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов.

Тема 7: Современные инновационные лазерные системы

Вопросы для обсуждения: Волоконные лазеры. Дисковые лазеры. Лазеры на свободных электронах. Лазеры с перестраиваемой длиной волны. Лазеры для систем связи. Лазеры для лазерного термоядерного синтеза.

Тема 8: Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров

Вопросы для обсуждения: Лазерная резка, сварка, маркировка, гравировка. Лазерная абляция и очистка поверхностей. Аддитивные технологии с применением лазеров. Лазерная литография.

Тема 9: Типы технологических лазеров.

Вопросы для обсуждения: Газовые технологические лазеры. Волоконные технологические лазеры. Полупроводниковые лазерные диоды для технологических целей. Сравнение эффективности и областей применения.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии кванта, частота и длина волны для заданных лазерных переходов. Определение отношения спонтанного и вынужденного излучения для типичных условий работы лазера. Оценка когерентности лазерного излучения.

Тема 2: Полуклассическая теория излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений для населённостей двухуровневой системы. Расчёт коэффициента поглощения и усиления. Оценка времени жизни возбуждённого состояния по ширине спектральной линии. Расчёт коэффициентов Эйнштейна по экспериментальным данным.

Тема 3: Основы квантовой теории излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Расчёт вероятности переходов под действием излучения. Анализ правил отбора для конкретных квантовых систем. Вычисление сечений поглощения и вынужденного излучения. Применение формализма матрицы плотности.

Тема 4: Открытые резонаторы

Вопросы для обсуждения: Определение устойчивости резонатора по его параметрам. Расчёт частот продольных и поперечных мод. Вычисление дифракционных потерь. Оценка добротности резонатора. Расчёт расходимости лазерного пучка и размера пятна в перетяжке.

Тема 5: Общая теория квантовых генераторов.

Вопросы для обсуждения: Расчёт пороговой инверсии и пороговой мощности накачки. Решение уравнений баланса для непрерывного и импульсного режимов. Оптимизация коэффициента связи. Расчёт выходной мощности.

Тема 6: Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения: Расчёт длительности импульса при синхронизации мод. Определение энергии и пиковой мощности в импульсе. Сравнение параметров различных типов лазеров.

Тема 7: Современные инновационные лазерные системы

Вопросы для обсуждения: Анализ параметров волоконных лазеров. Оценка энергии в фемтосекундном импульсе. Расчёт ширины спектра для ультракоротких импульсов. Сравнение дисковых и волоконных лазеров. Обсуждение перспектив лазеров на свободных электронах.

Тема 8: Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров
Вопросы для обсуждения: Расчёт глубины проплавления при лазерной сварке. Определение скорости резки в зависимости от мощности и толщины материала. Оценка зоны термического влияния.

Тема 9: Типы технологических лазеров.

Вопросы для обсуждения: Выбор типа технологического лазера для конкретной операции. Сравнение CO₂ и волоконных лазеров по эффективности и качеству обработки. Расчёт экономической эффективности внедрения лазерного оборудования.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение. Полуклассическая теория излучения и поглощения. Основы квантовой теории излучения и поглощения. Открытые резонаторы. Общая теория квантовых генераторов. Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов. Современные инновационные лазерные системы. Лазерные технологии. Типы технологических лазеров.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт энергии кванта и длины волны лазерного перехода. Определение отношения спонтанного и вынужденного излучения. Решение уравнений населённостей двухуровневой системы. Расчёт коэффициентов Эйнштейна. Оценка времени жизни по ширине линии. Определение устойчивости резонатора. Расчёт частот мод и дифракционных потерь. Расчёт пороговой инверсии и выходной мощности лазера. Сравнение параметров различных типов лазеров.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Принцип работы лазера. Открытые резонаторы, устойчивость, моды. Условие генерации, инверсия населённостей. Методы накачки. Типы лазеров: газовые, твердотельные, полупроводниковые, волоконные. Лазерные технологии: резка, сварка, маркировка, аддитивные технологии. Критерии выбора технологического лазера.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических

данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение.	ПК-2	Контрольная работа
Полуклассическая теория излучения и поглощения.	ПК-2	Контрольная работа
Основы квантовой теории излучения и поглощения	ПК-2	Контрольная работа
Открытые резонаторы	ПК-2	Контрольная работа
Общая теория квантовых генераторов.	ПК-2	Контрольная работа
Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов	ПК-2	Контрольная работа
Современные инновационные лазерные системы	ПК-2	Контрольная работа
Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров	ПК-2	Контрольная работа
Типы технологических лазеров.	ПК-2	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Типовые задания контрольных работ:

По теме «Полуклассическая теория излучения и поглощения»

1. В чем отличия между спонтанным и вынужденным излучением?
2. Определить энергию излучения фотона при переходе $4 \rightarrow 3$, если известны частота поглощения ν_{14} и частота излучения ν_{13} .
3. Вычислить время жизни спонтанного излучения для длины волны $\lambda = 6328 \text{ \AA}$, если известно, что вероятность вынужденного излучения

По теме «Открытые резонаторы»

1. Что такое открытый резонатор?

2. Резонатор He–Ne – лазера состоящего из двух зеркал с отражающими поверхностями $R_1 = 99,8 \%$ и $R_2 = 16 \%$ имеет длину $L = 15$ см. Определить время жизни фотонов в таком резонаторе, если относительные внутренние потери за один проход $T_i \approx 0$
3. Активный элемент YAG:Nd³⁺ – лазера представляется в виде однородного цилиндрического стержня диаметром 6,3 мм, длиной 100 мм. Определить число мод, имеющих длины волн в пределах полосы шириной $\Delta\lambda = 100 \text{ \AA}$ с центром в точке $\lambda = 1,064$ мкм

По теме «Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов»

1. Запишите частоты и длины волн следующих спектральных областей: 1) инфракрасная, 2) видимый свет, 3) ультрафиолетовая, 4) рентгеновские лучи
2. Двухуровневая система атомов излучает энергию с длиной волны, соответствующей фиолетовому диапазону ($\lambda = 427$ нм). Каково отношение населенностей этих уровней при комнатной температуре, если газ находится в термодинамическом равновесном состоянии?
3. Активный элемент рубинового лазера на кристалле Al₂O₃:Cr³⁺ имеет диаметр 1 см и длину 300 мм. Вычислить скорость накачки W_p , если выходная мощность лазера $P = 100$ мВт на длине волны $\lambda = 0,6943$ мкм. Концентрация ионов Cr³⁺ в Al₂O₃ составляет 0,05 вес. % $N_g = 10^{19} \text{ см}^{-3}$, КПД накачки $\eta = 3 \%$

По теме «Современные инновационные лазерные системы»

1. Зная расстояние между вращательными компонентами линии усиления $2B = 1 \text{ см}^{-1}$, вычислить максимальное квантовое число при температуре 450 К. (Указание $J_{\max} = [kT/(2B)]^{1/2} - 1/2$)
2. Квантовый выход перехода $S_1 \rightarrow S_0$ в красителе родамине 6G равен 0,87, а соответствующее время жизни $\tau \approx 5$ нс. Вычислить спонтанное $\tau_{\text{спонт}}$ и безызлучательное $\tau_{\text{безызл}}$ время жизни уровня S_1

По теме «Типы технологических лазеров»

1. Определить мощность и энергию импульсов излучения N₂–лазера при длительности $\tau = 10^{-8}$ с, необходимые для достижения плотности мощности излучения в фокусе $q = 10 \text{ Вт/см}^2$, если расходимость пучка 1 мрад, а фокусное расстояние оптической системы 3 см
2. Построить рабочее поле в сканирующей системе по значениям допустимых отклонений $\Delta = 200 \mu\text{м}$ размера фокального пятна $d = 50 \mu\text{м}$ в плоскости обработки для YAG:Nd–лазера. Фокусное расстояние оптической системы 60 см, расстояние от центра зеркала до обрабатываемой поверхности – 50 см.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Уравнения Максвелла. Плоская электромагнитная волна, ее параметры;
2. Спектральные характеристики излучающих систем. Лоренцева форма линии;
3. Уширение спектральных линий. Гауссова форма линии;
4. Когерентные многофотонные процессы. Законы сохранения в когерентных процессах;
5. Свет как фотонный коллектив. Свойства фотонов. Разложение поля на осцилляторы;
6. Квантование фотонного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов;
7. Факторы, определяющие когерентность электромагнитных волн. Пространственная и временная когерентность, Опыты Майкельсона и Юнга;
8. Типы открытых резонаторов. Когерентность фотонов. Функция когерентности. Интерференция одного фотона;
9. Трехуровневая система генерации. Кинетические уравнения. Основные особенности. Рубиновый лазер;
10. Понятие температуры в квантовых системах. Отрицательная температура и инверсия населенностей;
11. Донорно-акцепторная система создания инверсии населенностей в газовых лазерах.

- Атомарные лазеры;
12. Четырехуровневая система генерации. Кинетические уравнения и особенности. Неодимовый лазер;
13. Кинетические уравнения ионных лазеров. Аргоновый и гелий-кадмиевый лазеры;
14. Методы создания инверсии населенностей в молекулярных лазерах. Сравнительные характеристики;
15. Классификация лазеров. Лазерные технологии.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические	хорошо		71-85

	инициативы	положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие: учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 304 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/330503>

Дополнительная литература:

1. Лазерные технологии: учебное пособие. — Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2020. — 240 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/216536>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Взаимодействие излучения с веществом».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических механизмах взаимодействия электромагнитного излучения с конденсированными средами, а также практических компетенций по анализу тепловых, термохимических, термомеханических и фазовых процессов, возникающих под действием излучения, для решения прикладных задач в области лазерных технологий и наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические механизмы взаимодействия лазерного излучения с конденсированными средами, а также требования к конструкторской и технологической документации при организации испытаний и принципы работы специального диагностического оборудования. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний материалов на устойчивость к лазерному облучению, составлять программы испытаний, применять специальное оборудование для измерения параметров материалов в процессе и после лазерного воздействия, интерпретировать полученные данные. Владеть: навыками разработки конструкторской и технологической документации на испытательные стенды и оснастку, методами планирования и проведения ресурсных и квалификационных испытаний материалов с использованием лазерных установок, приёмами эксплуатации специального измерительного оборудования и обработки результатов испытаний.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Взаимодействие излучения с веществом» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред	Уравнения Максвелла. Граничные условия для электромагнитного поля. Уравнение для комплексной амплитуды поля в токопроводящей среде. Решения уравнения для комплексной амплитуды поля в прозрачном диэлектрике и токопроводящей среде. Поглощение электромагнитной волны в металле. Скин-слой. Отражение электромагнитной волны от поверхности металла. Модель Друде и ограничения ее применимости. Частотные зависимости оптических свойств металла. Температурная зависимость поглощательной способности металла. Экспериментальные методы определения оптических свойств металлов.
2.	Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках	Механизмы поглощения излучения в полупроводниках. Межзонное поглощение и его виды. Поглощение свободными носителями. Процессы рекомбинации. Кинетика возбуждения полупроводника лазерным излучением. Насыщение межзонного поглощения. Фотоиндуцированный эффект Дембера. Экспериментальные методы исследования динамики фотовозбуждения полупроводников лазерными импульсами.
3.	Нагрев материалов лазерным излучением	Характеристики лазерного нагрева. Уравнение теплопроводности, граничные условия и методы решения.

		Нагрев полупространства источником с экспоненциальным спадом интенсивности, источником сферической формы. Общая характеристика основных линейных режимов лазерного нагрева. Лазерный нагрев в условиях изменения поглотительной способности материала. Экспериментальные методы исследования лазерного нагрева
4.	Термохимическое действие лазерного излучения	Характеристики термохимического действия лазерного излучения. Лазерное окисление металлов в воздухе. Лазерный нагрев окисляющихся металлов в условиях изменения поглотительной способности. Экзотермические эффекты при лазерном нагреве окисляющихся металлов. Химические механизмы разрушения поверхности
5.	Термомеханическое действие лазерного излучения	Возникновение механических напряжений при лазерном нагреве. Напряженное состояние металла при лазерном нагреве. Лазерное термораскалывание. Разрушение остаточными напряжениями. Экспериментальные методы исследования термоупругих деформаций, инициированных лазерным нагревом.
6.	Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве	Фазовые переходы в твердом состоянии при лазерном нагреве. Фазовые переходы в железоуглеродистых сплавах при лазерном нагреве. Оценка глубины закаленного слоя при импульсном лазерном нагреве. Плавление материалов в квазистационарных условиях при однородном нагреве. Плавление при неоднородном нагреве. Экспериментальные результаты исследования температурной динамики при лазерном плавлении. Модели плавления. Гидродинамические процессы в расплаве при лазерном микроструктурировании материала
7.	Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении	Экспериментальные результаты по лазерному формированию упорядоченных поверхностных микроструктур. Характеристики поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ) оптического диапазона. Дисперсионные соотношения и условия существования ПЭВ. Методы возбуждения ПЭВ оптического диапазона. Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном воздействии. Тепловые процессы, приводящие к формированию поверхностных периодических структур. Экспериментальные методы исследования процессов формирования поверхностных периодических структур
8.	Испарительные механизмы лазерного разрушения	Характеристики испарительных процессов лазерного разрушения. Обратная конденсация атомов при лазерном испарении. Задача о лазерном нагреве с испарением. Экспериментальное исследование перехода от нормального испарения к фазовому взрыву. Вынос расплава под воздействием давления отдачи паров. Лазерная абляция под слоем жидкости. Экспериментальная методика определения порога абляции и радиуса гауссова пучка.
9.	Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами	Характеристики взаимодействия сверхкоротких лазерных импульсов с металлами. Двухтемпературная модель при сверхкоротком лазерном воздействии на металлы. Методы молекулярной динамики при моделировании сверхбыстрого лазерного воздействия на металлы. Особенности сверхкороткого лазерного воздействия на

		диэлектрики и полупроводники Объемная модификация прозрачных материалов. Экспериментальные методы исследования динамики инициированных воздействием сверхкороткого лазерного импульса процессов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред

Вопросы для обсуждения: Комплексная диэлектрическая проницаемость. Комплексный показатель преломления. Прозрачность диэлектриков. Отражение и поглощение в металлах. Примесное поглощение. Поглощение свободными электронами.

Тема 2: Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках

Вопросы для обсуждения: Край фундаментального поглощения. Прямые и не прямые переходы. Ширина запрещённой зоны. Примесное поглощение (доноры, акцепторы). Поглощение свободными носителями. Экситонное поглощение.

Тема 3: Нагрев материалов лазерным излучением

Вопросы для обсуждения: Уравнение теплопроводности. Длина теплопроводности. Время нагрева. Стационарное и нестационарное температурное поле. Порог плавления. Порог испарения.

Тема 4: Термохимическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Лазерное окисление. Лазерный пиролиз. Термическое разложение. Лазерно-индуцированное осаждение. Лазерное легирование. Уравнение Аррениуса. Скорость химической реакции.

Тема 5: Термомеханическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Термоупругие напряжения. Тепловое расширение. Градиент температуры. Термический удар. Ударная волна. Термические трещины. Предел прочности. Отслаивание покрытий.

Тема 6: Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве

Вопросы для обсуждения: Температура плавления. Жидкофазная ванна. Фронт плавления. Скорость плавления. Аморфизация. Метастабильные фазы. Переплавление поверхности. Лазерная сварка. Лазерная наплавка.

Тема 7: Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении

Вопросы для обсуждения: Поверхностный плазмон-поляритон. Интерференция падающей и поверхностной волны. Период структур. Ориентация структур (поляризация). Низкопространственные и высокопространственные структуры.

Тема 8: Испарительные механизмы лазерного разрушения

Вопросы для обсуждения: Температура кипения. Давление насыщенного пара. Лазерная абляция. Удаление расплава. Фазовый взрыв. Объёмное вскипание.

Тема 9: Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами

Вопросы для обсуждения: Электрон-фононная релаксация. Нагрев электронной подсистемы. Холодная решётка. Термализация. Зона термического влияния. Сверхточная обработка. Эффект накопления. Объёмная обработка прозрачных материалов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред

Вопросы для обсуждения: Уравнение для комплексной амплитуды поля в токопроводящей

среде. Решения уравнения для комплексной амплитуды поля в прозрачном диэлектрике и токопроводящей среде. Поглощение электромагнитной волны в металле. Скин-слой. Отражение электромагнитной волны от поверхности металла. Модель Друде и ограничения ее применимости. Частотные зависимости оптических свойств металла.

Тема 2: Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках

Вопросы для обсуждения: Кинетика возбуждения полупроводника лазерным излучением. Насыщение межзонного поглощения. Фотоиндуцированный эффект Дембера.

Тема 3: Нагрев материалов лазерным излучением

Вопросы для обсуждения: Уравнение теплопроводности, граничные условия и методы решения. Нагрев полупространства источником с экспоненциальным спадом интенсивности, источником сферической формы.

Тема 4: Термохимическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Экзотермические эффекты при лазерном нагреве окисляющихся металлов.

Тема 5: Термомеханическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Разрушение остаточными напряжениями.

Тема 6: Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве

Вопросы для обсуждения: Плавление материалов в квазистационарных условиях при однородном нагреве. Плавление при неоднородном нагреве. Экспериментальные результаты исследования температурной динамики при лазерном плавлении. Модели плавления.

Тема 7: Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении

Вопросы для обсуждения: Дисперсионные соотношения и условия существования ПЭВ. Методы возбуждения ПЭВ оптического диапазона. Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном воздействии. Тепловые процессы, приводящие к формированию поверхностных периодических структур.

Тема 8: Испарительные механизмы лазерного разрушения

Вопросы для обсуждения: Задача о лазерном нагреве с испарением.

Тема 9: Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами

Вопросы для обсуждения: Двухтемпературная модель при сверхкоротком лазерном воздействии на металлы. Методы молекулярной динамики при моделировании сверхбыстрого лазерного воздействия на металлы.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках. Нагрев материалов лазерным излучением. Термохимическое действие лазерного излучения. Термомеханическое действие лазерного излучения. Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве. Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении. Испарительные механизмы лазерного разрушения. Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках. Нагрев материалов лазерным излучением. Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве. Поляритонный механизм

формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении. Испарительные механизмы лазерного разрушения

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Оптические свойства диэлектриков, металлов, полупроводников (комплексная диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, коэффициент поглощения). Межзонное, примесное, экситонное поглощение. Ширина запрещённой зоны. Край фундаментального поглощения. Уравнение теплопроводности. Температурные пороги плавления и испарения. Длина теплопроводности. Лазерная абляция. Фазовый взрыв. Порог абляции.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках	ПК-3	Опрос
Нагрев материалов лазерным излучением	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Термохимическое действие лазерного излучения	ПК-3	Опрос
Термомеханическое действие лазерного излучения	ПК-3	Опрос
Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Испарительные механизмы лазерного разрушения	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами	ПК-3	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред»

1. В общем случае диэлектрическая постоянная связана с показателем преломления формулой

$$\varepsilon = n^2.$$

Докажите, что, если величины ε_R и ε_I – соответственно вещественная и мнимая части диэлектрической проницаемости среды, то

$$n_R = \sqrt{\frac{\varepsilon_R + \sqrt{\varepsilon_R^2 + \varepsilon_I^2}}{2}}, \quad n_I = \sqrt{\frac{-\varepsilon_R + \sqrt{\varepsilon_R^2 + \varepsilon_I^2}}{2}}.$$

Найдите соответствующие значения величин через величину ε_I для случая достаточно большой частоты, при которой имеет место равенство $\varepsilon_R = \varepsilon_I$.

2. Покажите, что для случая почти прозрачной среды коэффициент поглощения связан с удельной электропроводностью и показателем преломления вещества зависимостью:

$$\alpha = \frac{(377 \Omega) \sigma}{n_R}.$$

3. Постройте график зависимости вещественной и мнимой частей показателя

преломления для диэлектрика с известными коэффициентом трения γ , резонансной частотой ω_0 и плотностью диполей N .

4. В предположении, что алюминий имеет 1 свободный электрон на атом и статическую электропроводность $3,54 \cdot 10^7$ 1/(Ом·м), определите: 1) коэффициент «трения» γ ; 2) плазменную частоту ω_p ; в) вещественную и мнимую части показателя преломления на длине волны 550 нм.
5. Сравните глубину скин-эффекта для: а) алюминия с удельной проводимостью $3,54 \cdot 10^7$ 1/(Ом·м); морской воды с удельной проводимостью 4,3 1/(Ом·м) для радиоволн частотой 60 кГц.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Каков механизм поглощения света в металлах?
2. Какие зависимости называются дисперсионными?
3. Что называют скин-эффектом и скин-слоем в металле при воздействии электромагнитного излучения?
4. Почему основное действие на электроны в металле оказывает электрическое, а не магнитное поле электромагнитной волны?
5. Назовите оптические характеристики, наиболее важные для анализа теплового действия лазерного излучения на металлы, и что они определяют?
6. Какие характеристики среды связывает формула Друде?
7. Чем объясняется наличие либо отсутствие цвета у металлов?
8. Чем обусловлено возникновение аномального скин-эффекта?
9. Почему для металлов характерна линейная зависимость поглощательной способности от температуры?
10. Как изменяется механизм активации термохимической реакции в зависимости от интенсивности лазерного потока?
11. Перечислите основные механизмы поглощения света в полупроводниках.
12. Какие виды оптических переходов в полупроводниках вы знаете?
13. Перечислите основные механизмы рекомбинации электрон-дырочных пар в полупроводниках.
14. Каков механизм возникновения диффузии при фотовозбуждении полупроводника лазерным излучением?
15. Какова физическая природа эффекта насыщения межзонного поглощения?
16. В чем заключается физическая природа фотоиндуцированного эффекта Дембера?
17. Набором каких параметров будет определяться результат теплового действия лазерного излучения на материал?
18. В каких формах могут быть заданы граничные условия для уравнения теплопроводности?
19. Назовите два основных метода, которые широко используются для решения уравнения теплопроводности.
20. Соотношением каких параметров, имеющих размерность длины, определяется характер теплового действия лазерного излучения?

21. Чем определяется характерное время остывания полупространства после нагрева поверхностным источником при одномерном теплоотводе?
22. По какому закону развивается нагрев металла в задаче с одномерным теплоотводом в условиях линейной зависимости поглотательной способности от температуры?
23. Какие экспериментальные методы исследования лазерного нагрева вы знаете?
24. В чем заключается основная идея исследования динамики фотовозбуждения полупроводника наносекундными лазерными импульсами оптическими методами?
25. Что характерно для физико-химических процессов аррениусовского типа?
26. Перечислите основные стадии окисления металлов на воздухе. Назовите наиболее медленную из них, лимитирующую скорость окисления.
27. В чем заключается главная особенность лазерного окисления по сравнению с традиционным?
28. Обоснуйте правомочность замены неизотермической реакции окисления изотермической реакцией, идущей при максимальной температуре в течение некоторого времени.
29. Что является следствием сильной аррениусовской зависимости толщины лазерного окисла от максимальной температуры поверхности?
30. Объясните качественную зависимость динамики поглотательной способности и лазерного нагрева поверхности металла в условиях формирования сильно поглощающего окисла.
31. Почему может осциллировать темп нагрева окисляющегося металла лазерным излучением?
32. Приведите примеры химического механизма разрушения поверхности материалов при лазерном воздействии.
33. Почему возникают механические напряжения при лазерном нагреве?
34. В результате чего формируются трещины при нагреве области сканирующим лазерным пучком?
35. Какая компонента тензора упругих напряжений отвечает за разрушение материала при нагреве свободной тонкой пластины осесимметричным лазерным пучком?
36. Что является основной причиной возникновения остаточных напряжений в материале после лазерной обработки?
37. В чем заключается основная идея экспериментального метода исследования термоупругих деформаций поверхности, инициированных лазерным нагревом?
38. В чем заключаются особенности фазовых переходов в твердом состоянии при лазерном нагреве?
39. Перечислите особенности лазерной закалки.
40. Как оценить глубину закаленного слоя при импульсном лазерном нагреве?

41. Опишите основные закономерности процесса плавления материалов в квазистационарных условиях при однородном нагреве.
42. Что представляет собой задача Стефана?
43. В чем заключается суть вакансионной модели плавления?
44. Назовите причины, приводящие к возмущению поверхности расплава.
45. Перечислите основные закономерности процесса формирования поверхностных периодических структур.
46. Чем поверхностная электромагнитная волна отличается от объемной? 3. Назовите условия существования ПЭВ.
47. В какой среде (металле или диэлектрике) ПЭВ будет затухать сильнее и почему?
48. Какие существуют методы возбуждения ПЭВ оптического диапазона?
49. В чем заключается поляритонный механизм лазерного микроструктурирования поверхности?
50. Какие тепловые процессы могут приводить к формированию поверхностного периодического рельефа?
51. В чем заключается суть рефлексометрического метода измерения параметров периодического рельефа?
52. Назовите механизмы испарительного разрушения материалов.
53. Чему равна скорость испарения плоской поверхности, нагретой до некоторой температуры, в вакуум?
54. Каким образом происходит обратная конденсация атомов при лазерном испарении?
55. Чем объясняется насыщение зависимости испаренной массы от плотности энергии в режиме нормального испарения?
56. Что представляет собой процесс фазового взрыва, и как его можно визуализировать в эксперименте?
57. Каким образом формируется давление отдачи паров, и как оно влияет на качество лазерной обработки?
58. Назовите стадии процесса наносекундной лазерной абляции под слоем жидкости.
59. Как экспериментально определить радиус гауссова пучка и порог абляции?
60. Что является одной из основных особенностей взаимодействия сверхкоротких лазерных импульсов с металлами?
61. Что представляет собой двухтемпературная модель?
62. Чем определяется стадия остывания после воздействия сверхкоротких лазерных импульсов?
63. В чем заключается суть метода классической молекулярной динамики?
64. Что такое гомогенное и гетерогенное плавление?
65. Назовите два основных механизма абляции при воздействии сверхкоротких лазерных импульсов.
66. Благодаря чему возможна объемная модификация прозрачных материалов под действием сверхкоротких лазерных импульсов?

67. В чем заключается идея метода «накачка-зондирование»?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85

Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие: учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-507-46122-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/330503>

Дополнительная литература:

1. Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники: учебное пособие / Б. Н. Пойзнер; Национальный исследовательский Томский государственный университет. — 2-е изд., доп. — Москва: ИНФРА-М, 2025. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — ISBN 978-5-16-012817-7. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=448890>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы оптоэлектроники».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах функционирования оптоэлектронных приборов и систем, методах управления оптическим излучением, его генерации, преобразовании и регистрации, а также практических навыков их применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физические принципы генерации, модуляции, усиления и регистрации оптического излучения, методы управления его параметрами, устройство и характеристики основных оптоэлектронных приборов, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям с учётом технологичности. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели оптоэлектронных узлов и систем, строить на их основе расчётные модели в САЕ-средах, проводить стационарные и нестационарные расчёты тепловых, электромагнитных и оптических полей. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей, методами междисциплинарного САД/САЕ-анализа, приёмами оптимизации конструктивных параметров оптоэлектронных устройств по критериям быстродействия, чувствительности и помехоустойчивости.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы оптоэлектроники» представляет собой дисциплину части,

формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение	Предмет оптоэлектроники и интегральной оптики, история становления, связи с другими областями знаний
2.	Управление оптическим полем	Распространение света в анизотропных средах. Нелинейная оптика. Искусственная анизотропия. Модуляция амплитуды, фазы, частоты или поляризации светового луча. Управление направлением излучения или положением светового луча в пространстве. Использование электро-, акусто- и магнитооптических эффектов в полупроводниках для модуляции и отклонения оптического излучения. Управление светом с помощью света.
3.	Метрология в оптоэлектронике	Энергетические и световые характеристики излучения. Психофизиологические основы воздействия световых полей. Оптоэлектроника и метрология: взаимовлияние.
4.	Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.	Зонная структура и основные характеристики полупроводников. Активные структуры оптоэлектронных приборов. Фотоэлектрические явления. Квантовая природа излучения.
5.	Полупроводниковые фотоприемники	Характеристики фотоприемников. Основные физические эффекты, используемые в фотоприемниках Типы фотодиодов.

		Солнечные фотопреобразователи.
6.	Излучатели и полупроводниковые лазеры	Инжекционная люминесценция. Процессы рекомбинации. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Квантовая эффективность. Гетеропереходы и их типы. Двойная гетероструктура и ее свойства. Работа полупроводникового лазера. Характеристики лазеров.
7.	Усилители света и преобразователи изображений.	Усилители света и преобразователи изображения. Твердотельные аналоги видеоконвертеров.
8.	Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.	Формирователи изображений на основе приборов с зарядовой связью. Цифровые камеры и их характеристики.
9.	Элементы и устройства интегральной оптики	Элементы и устройства интегральной оптики (волноводной оптоэлектроники). Пассивные интегрально-оптические устройства ввода-вывода излучения. Активные интегрально-оптические элементы и устройства. Фундаментальные пределы в интегральной оптике. Микро-опто-электромеханические системы (МОЭМС) в интегральной оптике и их применение для целей связи и сенсорики. Основные тенденции и перспективы развития оптоэлектроники и интегральной оптики. Проблемы создания оптических компьютеров. Элементная база, материалы.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение

Вопросы для обсуждения: Оптоэлектроника занимается преобразованием, передачей и обработкой информации с помощью оптических и электрических сигналов. Преимущества оптоэлектронных систем: высокая скорость, широкополосность, гальваническая развязка, помехозащищенность.

Тема 2: Управление оптическим полем

Вопросы для обсуждения: Магнитооптический эффект Фарадея применяется в изоляторах и циркуляторах. Основные параметры модуляторов: полоса пропускания, управляющее напряжение, вносимые потери.

Тема 3: Метрология в оптоэлектронике

Вопросы для обсуждения: Мощность и энергия оптического излучения измеряются пироэлектрическими, фотодиодными и калориметрическими датчиками. Спектральный состав анализируется монохроматорами и спектрофотометрами. Пространственное распределение интенсивности регистрируется профилометрами лазерного пучка.

Тема 4: Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.

Вопросы для обсуждения: Внутренний фотоэффект – возникновение свободных

носителей в полупроводнике под действием света. Фотопроводимость – увеличение электропроводности при освещении. Квантовая эффективность и чувствительность фотоприёмника.

Тема 5: Полупроводниковые фотоприемники

Вопросы для обсуждения: Фототранзисторы обладают внутренним усилением, но меньшим быстродействием. Основные характеристики: спектральная чувствительность, темновой ток, постоянная времени.

Тема 6: Излучатели и полупроводниковые лазеры

Вопросы для обсуждения: Лазерные диоды с распределённой обратной связью обеспечивают узкую спектральную линию. Основные параметры: пороговый ток, выходная мощность, длина волны.

Тема 7: Усилители света и преобразователи изображений.

Вопросы для обсуждения: Оптические квантовые усилители усиливают слабый световой сигнал без преобразования в электричество. Электронно-оптические преобразователи преобразуют невидимое изображение в видимое.

Тема 8: Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.

Вопросы для обсуждения: Основные характеристики: разрешение, чувствительность, динамический диапазон, квантовая эффективность.

Тема 9: Элементы и устройства интегральной оптики

Вопросы для обсуждения: Интегральная оптика создаёт планарные оптические волноводы и устройства на их основе. Основные элементы: волноводы, разветвители, мультиплексоры, модуляторы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение

Вопросы для обсуждения: Изучение структурных схем типовых оптоэлектронных систем. Анализ преимуществ оптоэлектроники для конкретных задач.

Тема 2: Управление оптическим полем

Вопросы для обсуждения: Расчёт полуволнового напряжения для электрооптического модулятора. Оценка угла отклонения акустооптического дефлектора.

Тема 3: Метрология в оптоэлектронике

Вопросы для обсуждения: Измерение мощности лазерного излучения калиброванным фотодиодом. Регистрация спектра светодиода спектрофотометром. Определение расходимости пучка.

Тема 4: Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.

Вопросы для обсуждения: Расчёт квантовой эффективности фотодиода по фототоку и падающей мощности.

Тема 5: Полупроводниковые фотоприемники

Вопросы для обсуждения: Изучение вольт-амперных и спектральных характеристик р-і-п-фотодиода.

Тема 6: Излучатели и полупроводниковые лазеры

Вопросы для обсуждения: Регистрация спектра лазера и светодиода. Измерение расходимости пучка. Сравнение эффективности лазера и светодиода.

Тема 7: Усилители света и преобразователи изображений.

Вопросы для обсуждения: Изучение устройства фотозлектронного умножителя.

Тема 8: Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.

Вопросы для обсуждения: Измерение квантовой эффективности.

Тема 9: Элементы и устройства интегральной оптики

Вопросы для обсуждения: Моделирование распространения света в планарном волноводе.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Введение в оптоэлектронику. Управление оптическим полем. Метрология в оптоэлектронике. Квантовые явления при генерации и приёме оптического излучения. Полупроводниковые фотоприёмники. Излучатели и полупроводниковые лазеры. Усилители света и преобразователи изображений.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт полуволнового напряжения электрооптического модулятора. Оценка угла отклонения акустооптического дефлектора. Измерение мощности, спектра, расходимости и длительности импульса лазерного излучения. Расчёт квантовой эффективности и порогового тока полупроводникового лазера.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические принципы работы оптоэлектронных приборов. Методы управления оптическим полем. Квантовая эффективность и чувствительность фотоприёмников. Пороговый ток и выходная мощность лазеров.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение	ПК-1	Контрольная работа
Управление оптическим полем	ПК-1	Контрольная работа
Метрология в оптоэлектронике	ПК-1	Контрольная работа
Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.	ПК-1	Контрольная работа
Полупроводниковые фотоприемники	ПК-1	Контрольная работа
Излучатели и полупроводниковые лазеры	ПК-1	Контрольная работа
Усилители света и преобразователи изображений.	ПК-1	Контрольная работа
Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.	ПК-1	Контрольная работа
Элементы и устройства интегральной оптики	ПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Управление оптическим полем»

1. Объяснить физические механизмы электрооптических эффектов
2. Привести технические характеристики модуляторов оптического излучения и их связь с физикой модуляции света

По теме «Излучатели и полупроводниковые лазеры»

1. Эффективность преобразования внешней (электрической) мощности планарного GaAs светодиода η равна 1,5 % при прямом токе $I = 50$ мА и разности потенциалов $U = 2$ В. Оценить генерируемую прибором оптическую мощность P_i , если коэффициент отражения R на границе GaAs – воздух равен $R = 0,8$. Коэффициент преломления GaAs $n = 3,6$
2. Идеальный фотодиод (т.е. с квантовым выходом равным 1) освещается излучением мощностью $P = 10$ мВт при длине волны 0,8 мкм. Рассчитать ток и напряжение на выходе прибора, когда детектор используется в режиме фототока и фото–э.д.с. соответственно. Ток утечки при обратном смещении $I_0 = 10$ нА, рабочая температура $T = 300$ К.

По теме «Усилители света и преобразователи изображений»

1. Провести сравнение принципов работы фотоумножителей и многоканальных усилителей оптического сигнала

По теме «Регистрация изображений на основе приборы с зарядовой связью»

1. Исходя из уровня темнового тока и квантовой эффективности ПЗС-детектора, оценить минимальную зарегистрированную мощность лазерного излучения

По теме «Элементы и устройства интегральной оптики»

2. Провести анализ МОЭМС для задач сенсорики и систем связи в оптоэлектронике

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Поглощение света в полупроводниках, основные механизмы поглощения. Коэффициент поглощения света.
2. Фундаментальное поглощение света в полупроводниках. Прямые и не прямые переходы. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотона.
3. Основные виды генерации света в полупроводниках.
4. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Время жизни излучательной рекомбинации.
5. Основные требования к полупроводниковым материалам, пригодным для изготовления источников излучения.
6. Спонтанное излучение в полупроводниках. Светодиоды.
7. Вынужденное излучение в полупроводниках. Связь между спонтанным и вынужденным излучением.
8. Лазеры. Пороговый коэффициент усиления (для начала генерации) излучения. Основные модели лазерных переходов. Типы лазеров.
9. Условия достижения инверсной населенности в полупроводниках. Случаи прямых и не прямых переходов зона-зона.
10. Методы достижения инверсной населенности в полупроводниках (методы накачки).
11. Гетеролазеры. Проблема уменьшения порогового тока. Микрорезонаторные лазеры.
12. Основные методы модуляции излучения. Полупроводниковые модуляторы и дефлекторы излучения.
13. Полупроводниковые фотоприемники. Фотоприемники для волоконно-оптических линий связи.
14. Устройства отображения информации. Индикаторы и дисплеи.
15. Принципы оптической записи информации, материалы и оптические среды.
16. Элементы и устройства интегральной оптики. Пассивные и активные элементы и устройства.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать	отлично	зачтено	86-100

		проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника: учебное пособие для вузов / Г. Л. Киселев. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 316 с. – ISBN 978-5-507-47285-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/353702>

Дополнительная литература:

1. Давыдов В.Н. Основы оптоэлектроники: учебное пособие / В. Н. Давыдов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2021. – 95 с. – ISBN 978-5-86889-938-6.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе

технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы фотоники молекул и комплексов».

Цель изучения дисциплины:

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: Уметь: Владеть:.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы фотоники молекул и комплексов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной

работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в молекулярную фотонику	Определение предмета и его историческое развитие. Фундаментальные понятия, природа света и основные этапы взаимодействия света с веществом. Вклад А.Н. Теренина, А.М. Салецкого в развитие области и научной школы термина «фотоника молекул». Связь дисциплины с физикой, химией и биологией. Области практического применения (оптоэлектроника, биомедицина, фотовольтаика)
2.	Взаимодействие света с веществом.	Диаграмма (схема) Яблонского. Электронные состояния молекул, синглетные и триплетные уровни. Основные пути дезактивации возбужденных состояний. Фотофизические (флуоресценция, фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия) и фотохимические процессы. Количественные характеристики флуоресценции (квантовый выход, время жизни)
3.	Фотохимические реакции	Первичные процессы: фотодиссоциация, фотоизомеризация, фотоиндуцированный перенос электрона и протона. Кинетика фотохимических реакций. Генерация синглетного кислорода
4.	Перенос энергии в молекулярных системах	Миграция энергии электронного возбуждения. Механизмы Фёрстера (индуктивно-резонансный) и Декстера (обменный). Перенос заряда в донорно-акцепторных комплексах
5.	Фотонные свойства координационных соединений	Влияние эффекта тяжелого атома, спин-орбитального взаимодействия. Фотофизика комплексов переходных металлов и лантанидов. Сенсibilизированная люминесценция
6.	Супрамолекулярная фотоника	Фотоактивные супрамолекулярные системы. Эксплексы, эксимеры, комплексы с переносом заряда. Фотоуправляемые молекулярные машины и устройства
7.	Прикладные аспекты и методы исследования	Практическое применение молекулярных и комплексных фотонных систем: OLED, органические солнечные батареи, фотосенсибилизаторы, оптические сенсоры. Обзор методов исследования (спектроскопия поглощения и люминесценции, время-разрешенная спектроскопия)

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в молекулярную фотонику

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи молекулярной фотоники. Молекулярные уровни энергии и спектры. Типы оптических переходов и правила отбора. Основные фотофизические процессы.

Тема 2: Взаимодействие света с веществом.

Вопросы для обсуждения: Молекулярная спектроскопия.

Тема 3: Фотохимические реакции

Вопросы для обсуждения: Первичные и вторичные фотохимические процессы. Закон фотохимической эквивалентности.

Тема 4: Перенос энергии в молекулярных системах

Вопросы для обсуждения: Экспериментальное определение эффективности переноса. Перенос энергии электронного возбуждения в ансамблях молекул.

Тема 5: Фотонные свойства координационных соединений

Вопросы для обсуждения: Влияние лигандного окружения на энергию и квантовый выход.

Тема 6: Супрамолекулярная фотоника

Вопросы для обсуждения: Самоорганизующиеся фотоактивные системы.

Тема 7: Прикладные аспекты и методы исследования

Вопросы для обсуждения: Спектроскопия поглощения, люминесценции и флуоресценции.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение в молекулярную фотонику

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Взаимодействие света с веществом.

Вопросы для обсуждения: Построение диаграммы энергетических уровней для заданных фотофизических процессов

Тема 3: Фотохимические реакции

Вопросы для обсуждения: Расчет квантовых выходов и времени жизни. Решение задач с использованием формул: квантовый выход флуоресценции, фосфоресценции, интеркомбинационной конверсии. Расчет времени жизни возбужденного состояния. Оценка эффективности процессов тушения по наклону графиков Штерна — Фольмера

Тема 4: Перенос энергии в молекулярных системах

Вопросы для обсуждения: Решение задач по переносу энергии и сенсibilизированной люминесценции. Применение теории Фёрстера для оценки критического расстояния R_0 и эффективности безызлучательного диполь-дипольного переноса энергии. Определение радиуса сферы действия и константы скорости обменного переноса по Декстеру

Тема 5: Фотонные свойства координационных соединений

Вопросы для обсуждения:

Тема 6: Супрамолекулярная фотоника

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Прикладные аспекты и методы исследования

Вопросы для обсуждения:

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Введение в молекулярную фотонику. Взаимодействие света с веществом. Фотохимические реакции. Перенос энергии в молекулярных системах. Фотонные свойства координационных соединений. Супрамолекулярная фотоника. Прикладные аспекты и методы исследования.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров оптических переходов (энергия, длина волны, частота). Определение квантового выхода люминесценции по экспериментальным данным.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Энергетические уровни молекул и типы переходов. Правила отбора. Фотохимические реакции: квантовый выход, фотосенсибилизация. Механизмы переноса энергии.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы)	Индекс	Оценочные средства по

дисциплины	контролируемой компетенции (или ее части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в молекулярную фотонику	ПК-2	Опрос
Взаимодействие света с веществом.	ПК-2	Контрольная работа
Фотохимические реакции	ПК-2	Контрольная работа
Перенос энергии в молекулярных системах	ПК-2	Контрольная работа
Фотонные свойства координационных соединений	ПК-2	Опрос
Супрамолекулярная фотоника	ПК-2	Опрос
Прикладные аспекты и методы исследования	ПК-2	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Контрольная работа № 1. Фотофизика молекул и фотоприем

- Задача на квантовый выход фотоприемника. В фотоприемнике площадью 1 см^2 плотность фототока составляет 10 А/м^2 . На фотоприемник попадает монохроматическое излучение мощностью 1 мВт . Квантовая эффективность фотоприемника составляет $0,1\%$. Определите длину волны падающего излучения.
- Задача на перенос энергии. Эффективность безызлучательного переноса энергии между двумя молекулами составляет 75% . Рассчитайте расстояние RR между ними, если критическое расстояние Фёрстера (R_0) для данной пары равно 50 Å . (Напомним, что эффективность выражается формулой: $E = 1/[1 + (R/R_0)^6]$ $E = 1/[1 + (R/R_0)^6]$). Аналитический вопрос. Опишите, как изменятся спектры поглощения и люминесценции молекулы при переходе из неполярного растворителя (например, гексана) в полярный (например, воду). Какое явление лежит в основе этого эффекта? (Ожидаемый ответ: Это явление называется сольватохромизм. В полярном растворителе из-за диполь-дипольного взаимодействия и реорганизации сольватной оболочки происходит стабилизация возбужденного состояния, что приводит к bathochromic shift (красному) в спектрах поглощения и, особенно, люминесценции. Вследствие этого Stokes shift увеличивается)

Контрольная работа № 2. Супрамолекулярная фотоника и фотохимия

- Задание 2.1. Расчетные задачи.
- Задача на квантовый выход фотохимической реакции. При фотохимическом разложении бромоводорода ($\text{HBr} + h\nu \rightarrow 1/2 \text{ H}_2 + 1/2 \text{ Br}_2$ $\text{HBr} + h\nu \rightarrow 1/2 \text{ H}_2 + 1/2 \text{ Br}_2$) с квантовым выходом 65 (по бром) поглотилось $1,3 \cdot 10^{21}$ квантов света. Рассчитайте, сколько молей брома выделилось. (Подсказка: сначала найти количество выделившихся молекул, затем перевести в моли).
 - Расчет констант времени жизни. Время жизни возбужденного синглетного состояния (S_1S_1) флуоресцирующей молекулы составляет 10 нс . Зная, что квантовый выход флуоресценции (Φ_f) равен $0,4$, рассчитайте константы скорости (k_f и k_n) излучательных и безызлучательных переходов. Аналитический вопрос. Объясните с позиции принципов супрамолекулярной химии, почему краун-эфир с размером полости $1,5\text{-}2,0 \text{ Å}$ будет преимущественно связывать ионы Li^+ (радиус $\sim 0,76 \text{ Å}$), а не K^+ (радиус $\sim 1,33 \text{ Å}$). (Ожидаемый ответ: Проявляется принцип комплементарности (ключ-замок), а именно

стерическое соответствие: максимально прочные комплексы ион-краун-эфир образуются, когда ион металла идеально подходит по размеру в полость макроцикла. Ион калия слишком велик для такой узкой полости и просто не сможет в нее эффективно внедриться, что приведет к низкой константе устойчивости комплекса.)

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Построение диаграммы (схемы) Яблонского.
Задание: Для люминесцирующей молекулы нарисуйте диаграмму энергетических уровней, отметьте на ней все возможные электронные переходы (поглощение $S_0 \rightarrow S_1$, $S_0 \rightarrow S_1$, флуоресценцию $S_1 \rightarrow S_0$, $S_1 \rightarrow S_0$, интеркомбинационную конверсию $S_1 \rightarrow T_1$, $S_1 \rightarrow T_1$ и фосфоресценцию $T_1 \rightarrow S_0$, $T_1 \rightarrow S_0$). Обозначьте стрелками процессы внутренней конверсии.
2. Расчет квантовых выходов и времени жизни.
Задание: Время жизни возбужденного состояния молекулы составляет 10 нс. Известно, что константа скорости излучательного перехода (k_f) равна $5 \times 10^7 \text{ с}^{-1}$. Рассчитайте: а) константу скорости безызлучательных процессов (k_{nr}) и б) квантовый выход флуоресценции (Φ_f).
3. Применение теории Фёрстера для оценки эффективности переноса энергии.
Задание: Эффективность безызлучательного переноса энергии между двумя молекулами составляет 75%. Рассчитайте расстояние R_R между ними, если критическое расстояние Фёрстера (R_0) для данной пары равно 50 Å.
4. Анализ влияния среды и структуры на люминесценцию.
Задание: Предложите структурную модификацию органического красителя (например, введение тяжелого атома или увеличение плоскости молекулы), которая приведет к усилению фосфоресценции. Ответ обоснуйте с точки зрения фотофизических механизмов (например, влияние спин-орбитального взаимодействия).
5. Идентификация типа электронного перехода.
Задание: В электронном спектре поглощения молекулы формальдегида ($H_2C=O$) наблюдается длинноволновая полоса при 310 нм с низкой интенсивностью ($\epsilon \approx 5$). Какому типу перехода ($n \rightarrow \pi^*$ или $\pi \rightarrow \pi^*$) она соответствует?
6. Ответ: Переходу $n \rightarrow \pi^*$, так как он характеризуется низкой интенсивностью (ϵ мало) и находится в длинноволновой области.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать	отлично	зачтено	86-100

		проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Литвин, Ф. Ф. (ред.) Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: учебное пособие. — Москва: ИНФРА-М, 2026. — 263 с. — ISBN 978-5-16-005727-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=476441>

Дополнительная литература:

1. Чибисов, А. К. Координационные соединения в фотонике и оптоэлектронике: учебное пособие / А. К. Чибисов, Е. Н. Ушаков. — Москва: МФТИ, 2024. — 180 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе

технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы оптической спектроскопии».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах оптической спектроскопии, а также практических навыков их применения для анализа структуры, состава и свойств вещества в широком диапазоне задач физики наукоёмких технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические основы и метрологические принципы оптических методов исследования вещества, а также требования к конструкторской и технологической документации при разработке и эксплуатации спектрального оборудования. Уметь: работать с конструкторской документацией и 3D-моделями спектральных приборов, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять спектральное оборудование для контроля и измерения параметров материалов и проводить испытания для подтверждения их свойств. Владеть: навыками работы с конструкторской документацией и спектральным оборудованием, методами метрологического контроля и обработки спектральных данных для оценки соответствия материалов техническим требованиям.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические основы и метрологические принципы оптических спектроскопических методов, а также порядок составления программ испытаний и оформления конструкторской и технологической документации на спектральное оборудование и оснастку.

и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.		Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении спектроскопических испытаний, составлять программы испытаний материалов и изделий, применять специальное спектральное оборудование для контроля параметров и оценки свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией в процессе испытаний, методами разработки документации на испытательные стенды и оснастку, приёмами эксплуатации спектрального оборудования, обработки и интерпретации спектральных данных для оценки соответствия материалов и изделий техническим требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы оптической спектроскопии» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение и физические основы оптической спектроскопии	Предмет и задачи дисциплины. Электромагнитный спектр. Классификация спектроскопических методов. Взаимодействие излучения с веществом: поглощение, испускание, рассеяние. Уровни энергии атомов, молекул и конденсированных сред. Электронные, колебательные и вращательные переходы. Правила отбора. Естественная ширина спектральных линий. Механизмы уширения спектральных линий.
2.	Абсорбционная спектроскопия	Молярный коэффициент экстинкции. Принципиальная схема спектрофотометра. Одно- и двухлучевые спектрофотометры. Измерение спектров поглощения в УФ, видимой и ИК областях. Определение концентрации веществ. Фотоколориметрия. Применение абсорбционной спектроскопии в наукоёмких технологиях.
3.	Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия	Явление люминесценции. Классификация люминесценции. Спектры возбуждения и испускания. Квантовый выход люминесценции. Тушение люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Диаграмма Яблонского. Время жизни возбуждённого состояния. Применение люминесцентной спектроскопии.
4.	Комбинационная спектроскопия (КРС)	Физические основы комбинационного рассеяния света. Стоксовы и антистоксовы компоненты. Правила отбора для КРС. Сечение комбинационного рассеяния. Принципиальная схема спектрометра КРС. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния. Применение КРС для исследования молекулярной структуры, идентификации веществ, анализа наноматериалов.
5.	Эмиссионная спектроскопия	Принципы эмиссионного спектрального анализа. Источники возбуждения спектров. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Количественный и качественный анализ. Индуктивно-связанная плазма. Искровые и дуговые разряды. Фотографическая и фотоэлектрическая регистрация спектров. Применения в материаловедении и экологическом мониторинге.
6.	Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	Особенности спектроскопических исследований поверхностей. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. Спектроскопия тонких плёнок. Интерференционные эффекты. Эллипсометрия. Спектроскопия поверхностных плазмонов. Применение для исследования наноструктур, биосенсоров и тонкоплёночных покрытий.
7.	Применение оптической спектроскопии в наукоёмких	Спектроскопический контроль качества материалов. Спектроскопия в фармацевтике, пищевой промышленности, экологическом мониторинге. Спектроскопия для идентификации веществ и

	технологиях	материалов. Перспективы развития оптических спектроскопических методов в наукоёмких производствах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение и физические основы оптической спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Классификация спектроскопических методов. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Энергетические уровни атомов, молекул и конденсированных сред. Электронные, колебательные и вращательные переходы. Правила отбора. Естественная ширина спектральных линий и механизмы уширения.

Тема 2: Абсорбционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Молярный коэффициент экстинкции. Принципиальная схема спектрофотометра. Одно- и двухлучевые спектрофотометры. Измерение спектров поглощения в УФ, видимой и ИК областях. Определение концентрации веществ. Фотокolorиметрия. Применение абсорбционной спектроскопии.

Тема 3: Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Явление люминесценции и её классификация. Спектры возбуждения и испускания. Квантовый выход люминесценции. Тушение люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция.

Тема 4: Комбинационная спектроскопия (КРС)

Вопросы для обсуждения: Физические основы комбинационного рассеяния света. Стоксовы и антистоксовы компоненты. Правила отбора для КРС.

Тема 5: Эмиссионная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Принципы эмиссионного спектрального анализа. Источники возбуждения спектров. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Количественный и качественный анализ.

Тема 6: Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок

Вопросы для обсуждения: Особенности спектроскопических исследований поверхностей. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. Спектроскопия тонких плёнок. Интерференционные эффекты.

Тема 7: Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Спектроскопический контроль качества материалов. Спектроскопия в фармацевтике и пищевой промышленности. Спектроскопические методы экологического мониторинга.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение и физические основы оптической спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии фотона, частоты и длины волны для заданных переходов. Определение типа перехода по положению спектральной полосы. Оценка ширины спектральной линии по времени жизни состояния.

Тема 2: Абсорбционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Построение градуировочного графика по экспериментальным данным. Расчёт концентрации по оптической плотности. Обработка спектров поглощения. Выбор условий измерения для конкретного вещества.

Тема 3: Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Определение квантового выхода люминесценции. Расчёт времени жизни по кривой затухания. Анализ спектров возбуждения и испускания. Оценка влияния концентрации на интенсивность люминесценции.

Тема 4: Комбинационная спектроскопия (КРС)

Вопросы для обсуждения: Идентификация вещества по спектру КРС. Расчёт сдвига частот. Сравнение интенсивностей стоксовых и антистоксовых линий.

Тема 5: Эмиссионная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Идентификация элементов по эмиссионным линиям. Построение градуировочной зависимости для количественного анализа.

Тема 6: Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок

Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектров нарушенного полного внутреннего отражения. Определение толщины и показателя преломления тонкой плёнки по интерференционным полосам.

Тема 7: Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Решение прикладных задач на идентификацию веществ. Выбор метода анализа для конкретного материала. Оценка достоверности спектроскопических измерений. Разработка методики контроля качества продукции.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Введение и физические основы оптической спектроскопии	Изучение спектров поглощения окрашенных растворов в видимой области и определение ширины спектральной линии
2	Абсорбционная спектроскопия	Определение концентрации вещества методом спектрофотометрии
3	Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия	Исследование спектров возбуждения и испускания флуоресценции органических красителей
4	Комбинационная спектроскопия (КРС)	Идентификация органических соединений методом комбинационного рассеяния света
5	Эмиссионная спектроскопия	Качественный элементный анализ по эмиссионным спектрам с использованием индуктивно-связанной плазмы или дугового разряда
6	Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	Определение толщины и показателя преломления тонких плёнок по интерференционным спектрам пропускания и отражения
7	Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях	Комплексный спектроскопический анализ неизвестного вещества

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение и физические основы оптической спектроскопии. Абсорбционная спектроскопия. Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия. Комбинационная спектроскопия (КРС). Эмиссионная спектроскопия. Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок. Применение оптической спектроскопии в

наукоёмких технологиях.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт энергии, частоты и длины волны оптических переходов. Определение концентрации веществ по оптической плотности. Расчёт квантового выхода люминесценции и времени жизни возбуждённого состояния. Качественный и количественный анализ по эмиссионным спектрам. Интерпретация спектров нарушенного полного внутреннего отражения. Определение толщины и показателя преломления тонких плёнок.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Взаимодействие излучения с веществом, энергетические уровни и переходы. Спектрофотометрия: принципы и применение. Люминесценция: спектры, квантовый выход, тушение. Комбинационное рассеяние: физические основы, применение. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок. Области применения оптической спектроскопии.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень

освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение и физические основы оптической спектроскопии	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Абсорбционная спектроскопия	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Комбинационная спектроскопия (КРС)	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Эмиссионная спектроскопия	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	ПК-2, ПК-3	Тестирование
Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях	ПК-2, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение и физические основы оптической спектроскопии»

- Что является предметом изучения оптической спектроскопии?**
 - Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом в оптическом диапазоне
 - Изучение механических свойств материалов
 - Исследование ядерных реакций
 - Анализ теплопроводности твёрдых тел
- Какой процесс лежит в основе поглощения света веществом?**
 - Переход атома из возбуждённого состояния в основное с испусканием фотона
 - Переход атома из основного состояния в возбуждённое с поглощением фотона
 - Рассеяние света без изменения длины волны
 - Преломление света на границе раздела сред
- Как называется разность энергий между основным и возбуждённым состояниями?**
 - Энергия активации
 - Энергия перехода
 - Энергия ионизации
 - Энергия связи
- Какой тип переходов характерен для видимой и ультрафиолетовой области спектра?**
 - Вращательные переходы
 - Колебательные переходы
 - Электронные переходы
 - Ядерные переходы
- Какое правило отбора является основным для электрических дипольных переходов?**
 - Изменение орбитального квантового числа на ± 1

- б) Изменение спина на ± 1
 - в) Запрет на все переходы
 - г) Разрешены все переходы
6. **Что определяет естественную ширину спектральной линии?**
- а) Столкновения частиц
 - б) Температура среды
 - в) Время жизни возбуждённого состояния
 - г) Внешнее электрическое поле
7. **Какой механизм уширения спектральных линий связан с тепловым движением частиц?**
- а) Естественное уширение
 - б) Столкновительное уширение
 - в) Доплеровское уширение
 - г) Штарковское уширение
8. **Какая форма спектральной линии соответствует естественному уширению?**
- а) Гауссова
 - б) Лоренцева
 - в) Пуассоновская
 - г) Экспоненциальная
9. **Какая область электромагнитного спектра соответствует колебательным переходам молекул?**
- а) Ультрафиолетовая
 - б) Видимая
 - в) Инфракрасная
 - г) Рентгеновская
10. **Что характеризует коэффициент экстинкции в законе Бугера-Ламберта-Бера?**
- а) Способность вещества поглощать свет на определённой длине волны
 - б) Интенсивность люминесценции
 - в) Квантовый выход реакции
 - г) Разрешающую способность прибора
11. **Какой процесс происходит при спонтанном излучении?**
- а) Переход из основного состояния в возбуждённое
 - б) Переход из возбуждённого состояния в основное без внешнего воздействия
 - в) Переход под действием внешнего фотона
 - г) Ионизация атома
12. **Что такое сечение поглощения?**
- а) Мера вероятности поглощения фотона при взаимодействии с частицей
 - б) Площадь поперечного сечения пучка
 - в) Толщина образца
 - г) Концентрация вещества
13. **Какой параметр описывает затухание колебаний диполя в классической модели?**
- а) Частота перехода
 - б) Время релаксации
 - в) Длина волны
 - г) Интенсивность излучения
14. **Что такое вращательные переходы в молекулах?**
- а) Переходы между колебательными уровнями
 - б) Переходы между электронными уровнями
 - в) Переходы между вращательными уровнями
 - г) Переходы между ядерными спиновыми состояниями
15. **Какое уширение преобладает при высоких давлениях газа?**
- а) Естественное уширение

- б) Доплеровское уширение
- в) Столкновительное уширение
- г) Штарковское уширение

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Дайте определение оптической спектроскопии. Какие основные задачи она решает в наукоёмких технологиях?
2. Какие типы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом используются в спектроскопии (поглощение, испускание, рассеяние)?
3. Охарактеризуйте электронные, колебательные и вращательные переходы. В каких спектральных диапазонах они наблюдаются?
4. Что такое правила отбора? Приведите примеры правил отбора для электронных дипольных переходов.
5. Что определяет естественную ширину спектральной линии? Как она связана с временем жизни возбуждённого состояния?
6. Перечислите основные механизмы уширения спектральных линий (Доплеровское, столкновительное, Штарковское). В каких условиях они преобладают?
7. Сформулируйте закон Бугера–Ламберта–Бера. Поясните физический смысл молярного коэффициента экстинкции.
8. Опишите принципиальную схему спектрофотометра. В чём отличие одно- и двухлучевых спектрофотометров?
9. Что такое люминесценция? Приведите классификацию люминесценции по способу возбуждения.
10. Объясните, что такое спектры возбуждения и испускания люминесценции. Дайте определение квантового выхода.
11. В чём отличие флуоресценции от фосфоресценции? Что такое диаграмма Яблонского?
12. На чём основан метод комбинационного рассеяния света (КРС)? Что такое стоксовы и антистоксовы компоненты?
13. Какие структурные и химические характеристики вещества можно определить методом КРС? Приведите примеры.
14. Каковы принципы эмиссионного спектрального анализа? Какие источники возбуждения используются (дуга, искра, индуктивно-связанная плазма)?
15. Чем качественный анализ отличается от количественного в атомно-эмиссионной спектроскопии? Какие методы регистрации применяются?
16. В чём особенности спектроскопического исследования поверхностей и тонких плёнок? Опишите метод нарушенного полного внутреннего отражения.

17. Что такое эллипсометрия? Какие параметры тонких плёнок можно определить с её помощью?
18. Что такое спектроскопия поверхностных плазмонов? Где она применяется?
19. Приведите примеры применения оптической спектроскопии в фармацевтике, пищевой промышленности и экологическом мониторинге.
20. Назовите перспективные направления развития методов оптической спектроскопии в наукоёмких производствах.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных	хорошо		71-85

	большей степени самостоятельности и инициативы	теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Слюсарева, Е. А. Оптическая спектроскопия: сложные молекулы: учебное пособие / Е. А. Слюсарева, М. А. Герасимова, Н. В. Слюсаренко. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. – 116 с. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=342155>

Дополнительная литература:

1. Ларичева, Т. Е. Оптические спектроскопические методы анализа: лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / Т. Е. Ларичева, С. М. Мерков, Ю. Д. Соколова. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/75975#1>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении

образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы рентгеновской оптики».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах управления рентгеновским излучением, а также практических навыков применения методов рентгеновской оптики для решения междисциплинарных задач в области физики наукоёмких технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические принципы генерации, распространения и управления рентгеновским излучением, механизмы взаимодействия с веществом, конструктивные особенности основных типов рентгенооптических элементов, методы диагностики пучков, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям с учётом технологичности и свойств материалов. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели рентгенооптических систем, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять оборудование для контроля и измерения параметров рентгеновских пучков, проводить испытания материалов и оптических элементов для подтверждения их свойств. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией при проектировании, изготовлении и испытаниях рентгенооптических систем, методами контроля качества и метрологического обеспечения, приёмами проведения ресурсных и квалификационных испытаний материалов и узлов рентгеновской

		оптики, а также интерпретации результатов для оценки надёжности.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические принципы генерации и управления рентгеновским излучением, методы диагностики параметров пучков, а также порядок составления программ испытаний рентгенооптических систем и требования к документации на испытательную оснастку. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, составлять программы испытаний, применять специальное измерительное оборудование для контроля характеристик рентгеновских пучков и параметров оптических элементов. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами разработки документации на испытательные стенды и оснастку, приёмами эксплуатации специального оборудования, а также обработки и интерпретации результатов испытаний для оценки соответствия систем техническим требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы рентгеновской оптики» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по

формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики	Место рентгеновской оптики в современных физических исследованиях. Развитие источников излучения: от рентгеновских трубок до синхротронов 4-го поколения и лазеров на свободных электронах. Основные характеристики пучка: яркость, пространственная когерентность, эмиттанс. Задачи транспорта и управления пучком на установках класса «мегасайенс».
2.	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	Физические основы распространения рентгеновских лучей. Комплексный показатель преломления. Поглощение. Набег фазы. Декремент показателя преломления.
3.	Преломляющая рентгеновская оптика	Геометрия одиночной параболической преломляющей линзы. Переход к составным преломляющим линзам (СПЛ). Уравнение тонкой линзы для СПЛ, расчет фокусного расстояния, эффективной апертуры и пропускания. Влияние материала линз (бериллий, алюминий, никель, алмаз) на оптические характеристики системы.
4.	Формирование пучка рентгеновского излучения	Каскады СПЛ и управление параметрами сфокусированного пучка. Рентгеновские трансфокаторы. Сохранение когерентности. Рентгеновские аксиконы для генерации кольцевых пучков. Линзовые интерферометры для измерения фазового профиля пучка.
5.	Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика	Принципы зонной фокусировки. Зонные пластинки Френеля: принцип работы, параметры зон, хроматические aberrации и технологические ограничения. Рефракционно-дифракционная оптика: геометрия фазового профиля, минимизация поглощения.
6.	Методы диагностики рентгеновского источника	Метод прямой визуализации источника с помощью СПЛ. Метод фазовой диагностики источника.
7.	Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения	Обзор аналитических возможностей синхротронного излучения. Связь параметров оптической схемы с требованиями экспериментальных станций. Базовые принципы методов рентгеновской микроскопии, дифракции, спектроскопии и малоуглового рентгеновского рассеяния.
8.	Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных	Применение рентгеновских методов в структурной биологии, материаловедении, химии и изучении экстремальных состояний вещества. Оценка роли

	исследованиях	формирующей оптики в успешности конкретных экспериментов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики
Вопросы для обсуждения: Свойства синхротронного излучения. Поворотные магниты, ондуляторы, вигглеры. Задачи рентгеновской оптики (фокусировка, монохроматизация, коллимация).

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом
Вопросы для обсуждения: Фотоэффект, комптоновское и когерентное рассеяние. Коэффициент ослабления. Показатель преломления. Тепловая нагрузка.

Тема 3: Преломляющая рентгеновская оптика
Вопросы для обсуждения: Параболические преломляющие линзы. Фокусное расстояние, апертура, пропускание. Материалы: бериллий, алюминий, литий.

Тема 4: Формирование пучка рентгеновского излучения
Вопросы для обсуждения: Монохроматизация (кристаллы, многослойные зеркала). Фокусировка (эллиптические зеркала, зонные пластинки).

Тема 5: Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика
Вопросы для обсуждения: Многослойные зеркала. Кристаллы-анализаторы.

Тема 6: Методы диагностики рентгеновского источника
Вопросы для обсуждения: Измерение интенсивности. Спектральный анализ. Пространственное распределение

Тема 7: Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения
Вопросы для обсуждения: Рентгеновская дифракция, рефлектометрия, малоугловое рассеяние.

Тема 8: Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях
Вопросы для обсуждения: Структурный анализ материалов. Биомедицинская диагностика. Исследование наночастиц.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики
Вопросы для обсуждения: Расчёт критической энергии.

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом
Вопросы для обсуждения: Расчёт ослабления. Выбор фильтров. Оценка тепловой нагрузки.

Тема 3: Преломляющая рентгеновская оптика
Вопросы для обсуждения: Расчёт фокусного расстояния линзы. Выбор числа линз.

Тема 4: Формирование пучка рентгеновского излучения
Вопросы для обсуждения: Расчёт расходимости. Выбор монохроматора. Компонировка схемы.

Тема 5: Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика
Вопросы для обсуждения: Оценка разрешения. Расчёт зонной пластинки.

Тема 6: Методы диагностики рентгеновского источника
Вопросы для обсуждения: Измерение профиля пучка. Спектральный анализ.

Тема 7: Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Обработка дифрактограммы.

Тема 8: Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях

Вопросы для обсуждения: Выбор метода под задачу. Анализ реальных данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Преломляющая рентгеновская оптика. Формирование пучка рентгеновского излучения. Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика. Методы диагностики рентгеновского источника. Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения. Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт критической энергии и длины волны синхротронного излучения. Оценка коэффициента ослабления и толщины половинного ослабления. Расчёт фокусного расстояния преломляющей линзы. Выбор метода исследования для конкретной задачи.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Свойства синхротронного излучения. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Параметры преломляющих линз. Примеры междисциплинарного применения.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики	ПК-2, ПК-3	Опрос
Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	ПК-2, ПК-3	Опрос
Преломляющая рентгеновская оптика	ПК-2, ПК-3	Опрос, контрольная работа
Формирование пучка рентгеновского излучения	ПК-2, ПК-3	Опрос
Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика	ПК-2, ПК-3	Опрос
Методы диагностики рентгеновского источника	ПК-2, ПК-3	Опрос, контрольная работа
Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения	ПК-2, ПК-3	Опрос
Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях	ПК-2, ПК-3	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом»:

- Объяснить физический смысл действительной и мнимой частей комплексного показателя преломления в рентгеновском диапазоне.
- Оценить линейный коэффициент поглощения и декремент показателя преломления для легких (Be, Al) и тяжелых (Ni, Pt) элементов при энергии фотонов 15 кэВ.

По теме «Преломляющая рентгеновская оптика»:

- Рассчитать фокусное расстояние СПЛ из $N = 50$ параболических бериллиевых линз (радиус кривизны параболы $R = 200$ мкм) для энергии излучения 12 кэВ.
- Оценить эффективную апертуру и пропускание данной СПЛ с учетом поглощения материала. Сравнить результаты для линз из бериллия и алюминия.

По теме «Формирование пучка рентгеновского излучения»:

- Предложить и обосновать конфигурацию рентгеновского трансфокатора для обеспечения перестройки фокусного расстояния в диапазоне от 1 до 5 метров при фиксированной энергии пучка.
- Описать принцип формирования кольцевого рентгеновского пучка с использованием рентгеновских аксиконов.

По теме «Методы диагностики рентгеновского источника»:

- По заданному экспериментальному изображению (профилю интенсивности), полученному методом прямой визуализации с помощью СПЛ, рассчитать эффективный вертикальный и горизонтальный размер источника синхротронного излучения. Оценить влияние аппаратной функции оптической системы на конечный результат.

По теме «Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях»:

- Требования к структуре доклада (презентации 15 мин) по анализу современной научной статьи:
 1. Постановка фундаментальной или прикладной научной проблемы (биология, материаловедение, физика высоких давлений и т.д.).
 2. Описание оптической схемы экспериментальной станции: как был сформирован пучок и какие оптические элементы для этого использовались.
 3. Суть примененного аналитического метода (дифракция, спектроскопия, микроскопия).
 4. Анализ полученных результатов и выводы.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Развитие источников рентгеновского излучения. Особенности синхротронов 4-го поколения и лазеров на свободных электронах. Основные характеристики синхротронного излучения: яркость, эмиттанс, пространственная и временная когерентность.
2. Особенности взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Комплексный показатель преломления. Декремент показателя преломления и поглощение. Влияние энергии излучения и атомного номера элемента на оптические свойства материалов.
3. Физические принципы преломляющей рентгеновской оптики. Одиночная параболическая линза. Составные преломляющие линзы (СПЛ). Формула тонкой линзы для многоэлементных рентгенооптических систем.
4. Апертура, пропускание и дифракционный предел разрешения СПЛ. Выбор материалов для изготовления преломляющей оптики. Рентгеновские трансфокаторы: архитектура, механика, логика перестройки фокусного расстояния.
5. Специализированная преломляющая оптика: аксиконы и интерферометры. Принципы работы дифракционной рентгеновской оптики. Зонные пластинки Френеля. Рефракционно-дифракционная оптика.
6. Способы регистрации рентгеновского излучения. Метод прямой визуализации источника синхротронного излучения с помощью СПЛ. Аналитические методы рентгеновской микроскопии, дифракции, спектроскопии и малоуглового рентгеновского рассеяния

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы	Пятибалльная шкала	Двухбалльная	БРС, % освоения

		формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	(академическая) оценка	шкала, зачет	(рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недост	Отсутствие признаков		неудовле	не	Менее

аточный	удовлетворительного уровня	творительный	зачтен	55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Стожаров, В. М. Физика рентгеновского излучения: учебное пособие для вузов / В. М. Стожаров. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 100 с. – ISBN 978-5-507-47076-1. – Текст: электронный. – URL: <https://e.lanbook.com/book/324422>

Дополнительная литература:

1. Бутиков, Е. И. Оптика: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов / Е. И. Бутиков. – 3-е изд., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 607 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

8. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы биофотоники».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах биофотоники, а также практических навыков их применения для решения задач в области физики наукоёмких технологий и биомедицинской инженерии.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: физические принципы взаимодействия света с биологическими объектами, методы биофотонных исследований, а также требования к конструкторской и технологической документации при разработке и испытаниях биофотонного оборудования. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний биофотонных систем, составлять программы испытаний, применять специальное оборудование для контроля параметров и проведения экспериментальных исследований. Владеть: навыками работы с документацией в процессе испытаний, методами планирования и организации испытаний биофотонных устройств, приёмами эксплуатации специального измерительного и терапевтического оборудования, а также интерпретации результатов испытаний для оценки соответствия техническому заданию.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы биофотоники» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной

профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в биофотонику	Вводная лекция. Обзор основных методов оптического анализа сегодня используемых в медицинских приложениях. Понятие о предельном уровне воздействия излучения на живые системы.
2.	Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей	Формирование общего представления о базовых принципах взаимодействия излучения с органическими молекулами. Процессы многократного рассеяния излучения в биологических тканях. Нелинейные оптические эффекты в биологических тканях.
3.	Лазеры для биофотоники	Рассмотрение характеристик лазерного излучения с позиции распространения в биологических средах. Низкоинтенсивное излучение. Когерентные свойства излучения. Поляризация. Лазерные диоды нового поколения и источники излучения для носимых датчиков.
4.	Биовизуализация: принципы и приложения	Получение оптических изображений биологических тканей и отдельных клеток. Оптическая микроскопия живых систем. Оптическая томография в медицине, офтальмологические приложения. Системы визуализации сосудов. Системы визуализации на основе ИК излучения.
5.	Оптические биосенсоры	Краткая классификация, описание основных принципов работы и их биоаналитических применений. Основное внимание уделяется наиболее широко используемым оптическим биосенсорам, которые основаны на поверхностном плазмонном резонансе (SPR), включая SPR-визуализацию и локализованный SPR.

		Обсуждаются оптические биосенсорные системы, такие как флуоресцентные биосенсоры на основе эванесцентных волн и биолюминесцентные оптические волоконные биосенсоры, а также интерферометрическая, эллипсометрическая и рефлектометрическая интерференционная спектроскопия и биосенсоры на основе поверхностно-усиленного рамановского рассеяния.
6.	Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия	Современные подходы к фотодинамической и фототермической терапии. Экзогенные вещества, используемые в фотодинамической терапии. Расчет дозы излучения для проведения фототермического воздействия.
7.	Тканевая инженерия с помощью света	3D-биопечать (SLA, DLP) и фотобиомодуляция (PBM) для создания сложных биологических тканей (кости, кожа, сосуды). Обеспечение высокой точности за счет отверждения светочувствительных чернил или стимуляции клеточной активности. Обеспечение неинвазивного контроля над ростом и регенерацией клеток для тестирования лекарств, восстановления органов и изучения процессов развития в области регенеративной медицины.
8.	Оптические пинцеты, ножницы и ловушки	Обзор основных подходов, используемых при работе с оптическими системами для манипуляции биологическими объектами. Обзор принципов формирования пучков излучения с заданными характеристиками.
9.	Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника	Обзор современных нанотехнологий, используемых в области биофотоники. Наноструктуры благородных металлов для усиления и гашения флуоресценции, усиления рамановского сигнала. Тераностика и нанобиофотоника.
10.	Оптогенетика и нейрофотоника	Примеры использования оптических технологий для анализа состояния нервной ткани и анализа нервной деятельности человека. Активация генов с помощью оптических подходов. Диагностика нейродегенеративных заболеваний и опухолей нервных тканей с помощью оптической и жидкостной биопсии.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в биофотонику

Вопросы для обсуждения: Определение, предмет и задачи биофотоники. Исторические этапы развития. Роль света в биологических системах. Основные области применения: диагностика, терапия, визуализация, сенсорика, манипуляция биологическими объектами.

Тема 2: Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей

Вопросы для обсуждения: Оптические свойства биологических тканей. Хромофоры и флуорофоры в биологии. Окно прозрачности биотканей. Эффекты: фотообесцвечивание, фототермический, фотохимический, фотоакустический. Модели распространения света в многослойных средах

Тема 3: Лазеры для биофотоники

Вопросы для обсуждения: Типы лазеров. Параметры: длина волны, мощность, режим работы. Безопасность лазерного излучения. Методы доставки излучения к биологическим объектам.

Тема 4: Биовизуализация: принципы и приложения

Вопросы для обсуждения: Флуоресцентная микроскопия. Суперразрешающая микроскопия. Оптическая когерентная томография.

Тема 5: Оптические биосенсоры

Вопросы для обсуждения: Принципы работы оптических биосенсоров.

Тема 6: Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Тканевая инженерия с помощью света

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Оптические пинцеты, ножницы и ловушки

Вопросы для обсуждения:

Тема 9: Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Оптогенетика и нейрофотоника

Вопросы для обсуждения:

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в биофотонику

Вопросы для обсуждения: Основные методы оптического анализа, используемые сегодня в медицинских приложениях. Понятие о предельном уровне воздействия излучения на живые системы.

Тема 2: Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей

Вопросы для обсуждения: Общее представление о базовых принципах взаимодействия излучения с органическими молекулами. Процессы многократного рассеяния излучения в биологических тканях. Нелинейные оптические эффекты в биологических тканях.

Тема 3: Лазеры для биофотоники

Вопросы для обсуждения: Характеристики лазерного излучения с позиции распространения в биологических средах. Низкоинтенсивное излучение. Когерентные свойства излучения. Поляризация. Лазерные диоды нового поколения и источники излучения для носимых датчиков.

Тема 4: Биовизуализация: принципы и приложения

Вопросы для обсуждения: Получение оптических изображений биологических тканей и отдельных клеток. Оптическая микроскопия живых систем. Оптическая томография в медицине, офтальмологические приложения. Системы визуализации сосудов. Системы визуализации на основе ИК излучения.

Тема 5: Оптические биосенсоры

Вопросы для обсуждения: Описание основных принципов работы биосенсоров и их биоаналитических применений. Биосенсоры на поверхностном плазмонном резонансе (SPR), включая SPR-визуализацию и локализованный SPR. Оптические биосенсорные системы, такие как флуоресцентные биосенсоры на основе эванесцентных волн и биолюминесцентные оптические волоконные биосенсоры.

Тема 6: Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия

Вопросы для обсуждения: Современные подходы к фотодинамической и фототермической терапии. Экзогенные вещества, используемые в фотодинамической

терапии. Расчет дозы излучения для проведения фототермического воздействия.

Тема 7: Тканевая инженерия с помощью света

Вопросы для обсуждения: 3D-биопечать (SLA, DLP) и фотобиомодуляция (PBM) для создания сложных биологических тканей (кости, кожа, сосуды). Обеспечение высокой точности за счет отверждения светочувствительных чернил или стимуляции клеточной активности. Обеспечение неинвазивного контроля над ростом и регенерацией клеток для тестирования лекарств, восстановления органов и изучения процессов развития в области регенеративной медицины.

Тема 8: Оптические пинцеты, ножницы и ловушки

Вопросы для обсуждения: Основные подходы, используемые при работе с оптическими системами для манипуляции биологическими объектами. Принципы формирования пучков излучения с заданными характеристиками.

Тема 9: Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника

Вопросы для обсуждения: Наноструктуры благородных металлов для усиления и гашения флуоресценции, усиления рамановского сигнала. Тераностика и нанобиофотоника.

Тема 10: Оптигенетика и нейрофотоника

Вопросы для обсуждения: Использование оптических технологий для анализа состояния нервной ткани и анализа нервной деятельности человека. Активация генов с помощью оптических подходов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в биофотонику. Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей. Лазеры для биофотоники. Биовизуализация: принципы и приложения. Оптические биосенсоры. Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия. Тканевая инженерия с помощью света. Оптические пинцеты, ножницы и ловушки. Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника. Оптигенетика и нейрофотоника.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей. Лазеры для биофотоники. Биовизуализация.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Введение в биофотонику. Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей. Лазеры для биофотоники. Биовизуализация: принципы и приложения. Оптические биосенсоры. Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия. Тканевая инженерия с помощью света. Оптические пинцеты, ножницы и ловушки. Нанотехнологии для биофотоники. Оптигенетика и нейрофотоника.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в биофотонику	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей	ПК-3	Опрос
Лазеры для биофотоники	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Бивизуализация: принципы и приложения	ПК-3	Опрос
Оптические биосенсоры	ПК-3	Опрос
Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Тканевая инженерия с помощью света	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Оптические пинцеты, ножницы и ловушки	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника	ПК-3	Опрос

Оптогенетика и нейрофотоника	ПК-3	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

По теме «Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред»

1. Задача на закон Бегера-Ламберта-Бугера: Рассчитать коэффициент ослабления и интенсивность прошедшего света ($I_0=1$ мВт) через слой кожи толщиной 0,5 мм.
2. Анализ кривых Стокса: Вычислите Стоксов сдвиг между максимумами спектров поглощения и испускания флуорофора GFP (green fluorescent protein), используемого для клеточного мечения.
3. Предел разрешения Рэлея: Расчитайте минимальное расстояния между двумя точками, которые можно различить в микроскоп ($\lambda = 532$ нм, $NA = 1.1$).
4. Расчет квантового выхода: Определите эффективность флуоресценции биологической молекулы (GFP-белка) ($N_{em} = 12$, $N_{abs} = 114$).

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Что такое биофотоника и в чем её основные задачи?
2. Какие основные области применения биофотоники вы знаете?
3. Почему свет является важным инструментом в современной биологии и медицине?
4. Какие типы световых источников используются в биофотонике?
5. Какие основные преимущества и ограничения использования света в биологических исследованиях?
6. Какие виды взаимодействия света с биологическими объектами вы знаете?
7. Что такое флуоресценция и как она используется в биофотонике?
8. Как влияет дифракция света на его использование в методах биофотоники?
9. Объясните принцип рамановской спектроскопии.
10. Какие типы лазеров широко применяются в биофотонике и почему?
11. В чем преимущества фемтосекундных лазеров для биологических исследований?
12. Какие характеристики лазера важны при проведении фототермической терапии?
13. Чем отличается непрерывный лазер от импульсного?
14. Какие риски и ограничения связаны с использованием лазеров в биологических системах?
15. Какие основные техники визуализации используются в биофотонике?
16. Объясните принцип микроскопии светлого и темного полей.
17. Какие преимущества дает многофотонная визуализация?
18. Чем определяется разрешение системы?
19. Какие современные приложения биовизуализации вы можете назвать?
20. Как работает оптический биосенсор?
21. В чем преимущество оптических сенсоров перед электрическими?
22. Какие биомаркеры часто анализируются с помощью оптических биосенсоров?
23. Что такое локальный поверхностный плазмонный резонанс (LSPR)?
24. Какие области применения имеют оптические биосенсоры?
25. Как работает фототермическая терапия и для каких заболеваний она применяется?
26. В чем принцип фотодинамической терапии (ФДТ)?
27. Какие преимущества есть у световой терапии по сравнению с традиционными методами?
28. Какие фотоактивные компоненты используют в ФДТ?
29. Какие потенциальные риски связаны со светоактивированной терапией?
30. В чем состоит принцип поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивный	Изложение в	удовлетв		55-70

творительный (достаточный)	ая деятельность	пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	орительный		
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Дунаев, А. В. Клиническая биофотоника: учебное пособие / А. В. Дунаев [и др.]. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2030-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/510782>

Дополнительная литература:

1. Смолянская, О. А. Биофотоника. Методическое пособие по лабораторному практикуму: учебное пособие / О. А. Смолянская, А. В. Возианова, О. В. Кравценюк, М. К. Ходзицкий. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, [год издания уточнить]. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/460061>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Технологии космического двигателестроения»

Шифр: 16.03.01

Направление подготовки: «Техническая физика»
Направленность (профиль) образовательной программы:
«Прикладная физика наукоемких производств»

Квалификация выпускника: Физик. Инженер-физик

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Избранные главы физики тепловых процессов в жидкостях и газах»
 - 4.2. Программа дисциплины «Введение в теорию электроракетных двигателей»
 - 4.3. Программа дисциплины «Физика плазмы»
 - 4.4. Программа дисциплины «Теория надежности и практика испытаний двигателей космических аппаратов»
 - 4.5. Программа дисциплины «Жидкостные ракетные двигатели»
 - 4.6. Программа дисциплины «Конструкция и расчет электроракетных двигателей»
 - 4.7. Программа дисциплины «Технология производства электроракетных двигателей»
 - 4.8. Программа дисциплины «Автоматизированные системы управления двигателей космических аппаратов»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Технологии космического двигателестроения»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физических закономерностей тепловых и газодинамических процессов в жидкостях и газах, лежащих в основе работы ракетных двигателей различных типов.
2. Изучение принципов функционирования, конструктивных особенностей и методов расчёта жидкостных ракетных двигателей и электроракетных двигателей.
3. Формирование знаний о физике низкотемпературной плазмы и её применении в электроракетных двигательных установках.
4. Приобретение навыков проектирования, конструирования и расчёта элементов электроракетных и жидкостных ракетных двигателей с учётом требований надёжности и технологичности.
5. Освоение теории надёжности, методов испытаний и оценки ресурса двигателей космических аппаратов, включая анализ отказов.
6. Изучение технологии изготовления и контроля качества электроракетных двигателей, включая специальные материалы и вакуумные технологии.
7. Формирование компетенций в области автоматизированных систем управления двигательными установками космических аппаратов, включая регулирование параметров и диагностику состояния.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и	Знать: физические основы рабочих процессов, принципы построения, методы проектирования и расчёта двигательных установок космических аппаратов, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям с учётом технологичности. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели элементов двигательных систем, строить на их основе расчётные модели в

	нестационарные расчёты.	CAE-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты для оценки характеристик и надёжности. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей, методами интеграции CAD/CAE-моделей для многодисциплинарного анализа, приёмами оптимизации конструктивных параметров и обоснования ресурса двигательных установок.
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: требования к конструкторской и технологической документации, свойства материалов двигательных установок, методы и оборудование для контроля параметров и проведения испытаний. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять контрольно-измерительное оборудование и проводить испытания для подтверждения свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией, методами контроля качества и неразрушающего контроля, приёмами проведения стендовых испытаний и интерпретации их результатов.
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: нормативно-техническую базу и требования к составлению программ испытаний двигательных установок, порядок разработки конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку, а также принципы работы специального испытательного оборудования. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, составлять программы испытаний для подтверждения

		заданных характеристик, разрабатывать документацию на испытательную оснастку и применять специальное оборудование для измерения параметров двигателей. Владеть: навыками работы с документацией на всех этапах испытаний, методами разработки программ испытаний и оформления отчётной документации, а также приёмами эксплуатации специального испытательного оборудования и интерпретации полученных данных для оценки соответствия двигательных установок техническому заданию.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Избранные главы физики тепловых процессов в жидкостях и газах».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о фундаментальных законах и механизмах тепловых процессов в жидкостях и газообразных средах, а также практических навыков их аналитического и численного анализа для решения прикладных задач в области наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: фундаментальные законы и механизмы тепловых процессов в жидкостях и газах, теплофизические свойства рабочих тел и конструкционных материалов, а также требования к конструкторской и технологической документации на оборудование, использующее такие процессы. Уметь: работать с конструкторской документацией и 3D-моделями, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять контрольно-измерительное оборудование для диагностики тепловых и гидродинамических параметров, проводить испытания материалов и изделий для подтверждения их теплофизических характеристик. Владеть: навыками анализа и разработки документации при проектировании и испытаниях тепловых систем и устройств, методами метрологического контроля и экспериментального исследования тепловых процессов, приёмами интерпретации результатов испытаний для оценки соответствия требованиям технической документации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Избранные главы физики тепловых процессов в жидкостях и газах» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов	Понятие термодинамической системы, равновесного и неравновесного состояний. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, свободная энергия. Первое, второе и третье начала термодинамики применительно к газообразным и жидким средам. Кинетическая теория идеальных и реальных газов, модель идеальной жидкости. Статистическое описание теплового движения. Флуктуации и броуновское движение.
2.	Основы гидродинамики и теплообмена	Кинематика и динамика сплошной среды: поле скоростей, линии и трубки тока. Уравнение неразрывности. Идеальная жидкость: уравнение Эйлера и интеграл Бернулли. Вязкая жидкость. Механизмы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Уравнение энергии. Законы теплообмена при вынужденном и свободном движении сред.
3.	Теплофизические свойства и фазовые	Реальные газы и жидкости: отклонение от идеальности. Критическое состояние. Понятие

	равновесия	фазового перехода. Диаграммы состояния. Фазовые переходы первого и второго рода. Поверхностное натяжение, смачивание, капиллярные явления. Теплофизические свойства: теплоёмкость, теплопроводность, вязкость, температуропроводность, и их зависимость от температуры, давления, состава.
4.	Гидрогазодинамика с теплообменом и химическими превращениями	Конвективный теплообмен при фазовых переходах (кипение, конденсация). Теплообмен в каналах и при обтекании тел. Модели турбулентного теплообмена. Двухфазные потоки. Взаимодействие тепловых и газодинамических полей. Газодинамика течений с химическими реакциями. Критерии подобия тепловых и гидрогазодинамических процессов.
5.	Тепловые процессы в активных и неравновесных средах	Акустика потоков и термоакустические эффекты. Тепловые волны и волны горения. Эффекты возбуждения и релаксации внутренних степеней свободы молекул. Горение и детонация газовзвесей. Тепловые процессы в плазме, в том числе низкотемпературной. Взаимодействие лазерного излучения с газом и жидкостью: теплопроводность, термокапиллярные явления. Фундаментальные и прикладные аспекты термогравитационной конвекции.
6.	Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах	Тепловые процессы в энергетических установках (камеры сгорания, сопла, лопатки турбин). Тепломассоперенос в химических реакторах и в технологиях микро- и нанoeлектроники. Термические и концентрационные напряжения в материалах. Управление тепловыми режимами высокотехнологичного оборудования. Инженерные методы расчета тепловых и гидродинамических процессов и тепловых режимов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов

Вопросы для обсуждения: Понятие термодинамической системы и равновесия. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Первое, второе и третье начала термодинамики. Кинетическая теория идеальных газов. Флуктуации и броуновское движение.

Тема 2: Основы гидродинамики и тепломассообмена

Вопросы для обсуждения: Поле скоростей, линии тока. Уравнение неразрывности. Теплопроводность (закон Фурье), конвекция, излучение. Уравнение энергии.

Тема 3: Теплофизические свойства и фазовые равновесия

Вопросы для обсуждения: Критическое состояние. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы состояния. Поверхностное натяжение, смачивание, капиллярность. Зависимость теплоёмкости, теплопроводности, вязкости от температуры, давления, состава.

Тема 4: Гидрогазодинамика с теплообменом и химическими превращениями

Вопросы для обсуждения: Конвективный теплообмен при кипении и конденсации. Теплообмен в каналах и при обтекании. Газодинамика течений с горением, диссоциацией, ионизацией. Критерии подобия.

Тема 5: Тепловые процессы в активных и неравновесных средах

Вопросы для обсуждения: Акустика потоков, термоакустика. Тепловые волны, волны горения. Релаксация внутренних степеней свободы. Горение и детонация газовзвесей. Тепловые процессы в низкотемпературной плазме. Взаимодействие лазерного излучения с газом и жидкостью.

Тема 6: Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах

Вопросы для обсуждения: Тепловые процессы в камерах сгорания, соплах, лопатках турбин. Инженерные методы расчёта тепловых режимов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов

Вопросы для обсуждения: Расчёт изменения внутренней энергии, энтальпии, энтропии для идеального газа. Расчёт средних скоростей и энергий по распределениям Максвелла – Больцмана.

Тема 2: Основы гидродинамики и тепломассообмена

Вопросы для обсуждения: Расчёт поля скоростей и давлений по уравнению Бернулли. Определение числа Рейнольдса и режима течения. Расчёт стационарной и нестационарной теплопроводности. Расчёт теплоотдачи по критериальным уравнениям.

Тема 3: Теплофизические свойства и фазовые равновесия

Вопросы для обсуждения: Расчёт капиллярного давления.

Тема 4: Гидрогазодинамика с теплообменом и химическими превращениями

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициентов теплоотдачи при кипении и конденсации. Моделирование теплообмена в каналах. Решение задач на газодинамику с химическими реакциями.

Тема 5: Тепловые процессы в активных и неравновесных средах

Вопросы для обсуждения: Оценка термоакустических эффектов. Расчёт скорости волны горения и детонации. Расчёт нагрева при лазерном облучении.

Тема 6: Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах

Вопросы для обсуждения: Расчёт тепловых нагрузок в камерах сгорания и соплах. Оценка термических напряжений. Инженерный расчёт систем охлаждения.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов. Основы гидродинамики и тепломассообмена. Теплофизические свойства и фазовые равновесия. Гидрогазодинамика с теплообменом и химическими превращениями. Тепловые процессы в активных и неравновесных средах. Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт изменения внутренней энергии, энтальпии и энтропии в процессах с газом. Моделирование теплообмена при кипении, конденсации, в каналах. Оценка термоакустических эффектов,

скорости волны горения, взаимодействия лазерного излучения со средой. Расчёт тепловых нагрузок, термических напряжений, систем охлаждения.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Механизмы теплопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение. Тепломассообмен при кипении и конденсации. Двухфазные потоки. Газодинамика с химическими реакциями. Термические напряжения. Инженерные методы расчёта тепловых режимов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов	ПК-2	Тестирование

Основы гидродинамики и теплообмена	ПК-2	Тестирование
Теплофизические свойства и фазовые равновесия	ПК-2	Тестирование
Гидрогазодинамика с теплообменом и химическими превращениями	ПК-2	Тестирование
Тепловые процессы в активных и неравновесных средах	ПК-2	Тестирование
Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов»

- Какая величина является мерой хаотичности (неупорядоченности) термодинамической системы?**
 - Внутренняя энергия
 - Энтальпия
 - Энтропия
 - Свободная энергия
- Какое начало термодинамики утверждает, что невозможно передать тепло от более холодного тела к более горячему без совершения работы?**
 - Первое
 - Второе
 - Третье
 - Нулевое
- Что выражает уравнение состояния идеального газа?**
 - Зависимость внутренней энергии от температуры
 - Связь между давлением, объемом и температурой
 - Изменение энтропии в изотермическом процессе
 - Теплоёмкость газа при постоянном давлении
- Как называется функция состояния, изменение которой в обратимом процессе равно приведённому количеству теплоты?**
 - Энтальпия
 - Свободная энергия Гельмгольца
 - Энтропия
 - Потенциал Гиббса
- В кинетической теории газов распределение Максвелла описывает:**
 - Распределение молекул по координатам
 - Распределение молекул по скоростям
 - Распределение молекул по энергиям взаимодействия
 - Распределение плотности газа в поле тяжести
- Какая из перечисленных величин не зависит от пути процесса?**
 - Теплота
 - Работа
 - Внутренняя энергия
 - Количество теплоты при изобарном нагреве

7. **Флуктуации в термодинамической системе – это:**

- а) Самопроизвольные отклонения параметров от средних значений
- б) Необратимые процессы
- в) Вынужденные колебания молекул
- г) Фазовые переходы

8. **Какой процесс описывается уравнением Пуассона ($pV^\gamma = \text{const}$)?**

- а) Изотермический
- б) Изобарный
- в) Адиабатный
- г) Изохорный

9. **Модель идеальной жидкости предполагает:**

- а) Отсутствие вязкости и теплопроводности
- б) Наличие только вязкости
- в) Сжимаемость и теплопроводность
- г) Наличие поверхностного натяжения

10. **Что такое броуновское движение?**

- а) Упорядоченное движение молекул в поле силы тяжести
- б) Тепловое движение взвешенных частиц под действием ударов молекул
- в) Движение молекул при фазовом переходе
- г) Ламинарное течение жидкости

11. **Второе начало термодинамики для изолированной системы утверждает, что энтропия:**

- а) Убывает
- б) Не изменяется
- в) Возрастает или остается постоянной
- г) Равна нулю

12. **Распределение Больцмана описывает:**

- а) Распределение молекул по скоростям в равновесном газе
- б) Распределение концентрации частиц в потенциальном поле
- в) Зависимость давления от высоты в изотермической атмосфере
- г) Верны ответы б) и в)

13. **Что такое внутренняя энергия идеального газа?**

- а) Сумма кинетической и потенциальной энергии всех молекул
- б) Только кинетическая энергия поступательного движения молекул
- в) Сумма кинетической энергии поступательного, вращательного и колебательного движения
- г) Потенциальная энергия взаимодействия молекул

14. **Формула для средней квадратичной скорости молекул идеального газа:**

- а) $\sqrt{3RT/M}$
- б) $\sqrt{2RT/M}$
- в) $\sqrt{8RT/(\pi M)}$
- г) $\sqrt{RT/M}$

15. **Какое утверждение соответствует третьему началу термодинамики?**

- а) Энтропия идеального кристалла при абсолютном нуле равна нулю
- б) Невозможно достичь абсолютного нуля температур
- в) При $T \rightarrow 0$ теплоёмкость стремится к нулю
- г) Все перечисленные

16. **Свободная энергия Гельмгольца (F) определяется как:**

- а) $U - TS$
- б) $H - TS$
- в) $U + pV$
- г) $G + pV$

17. Молекулы идеального газа находятся в непрерывном хаотическом движении, при этом:

- а) Потенциальная энергия взаимодействия пренебрежимо мала
- б) Столкновения молекул абсолютно упруги
- в) Объём молекул пренебрежимо мал по сравнению с объёмом сосуда
- г) Все утверждения верны

18. Что характеризует функция распределения Максвелла $f(v)$?

- а) Долю молекул, скорости которых лежат в интервале от v до $v+dv$
- б) Вероятность того, что молекула имеет скорость v
- в) Число молекул в единице объёма со скоростью v
- г) Вероятность того, что молекула имеет кинетическую энергию E

19. Энтальпия (H) наиболее удобна для описания процессов, протекающих при:

- а) Постоянном объёме
- б) Постоянном давлении
- в) Постоянной температуре
- г) Адиабатных условиях

20. В кинетической теории газов средняя длина свободного пробега молекул обратно пропорциональна:

- а) Квадрату диаметра молекул и концентрации
- б) Концентрации молекул
- в) Давлению газа
- г) Корню квадратному из температуры

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Сформулируйте первое, второе и третье начала термодинамики. Каков их физический смысл применительно к газообразным и жидким средам?
2. Дайте определения внутренней энергии, энтальпии, энтропии и свободной энергии Гельмгольца. В каких процессах изменение какой функции наиболее удобно использовать?
3. Выведите уравнение состояния идеального газа. Каковы границы его применимости?
4. Запишите и поясните уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа. Что такое критическое состояние?
5. Сравните модели идеальной жидкости и реальной жидкости. Какие упрощения вводятся в каждом случае?
6. Что такое распределение Максвелла? Как с его помощью найти наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорости молекул?
7. Сформулируйте закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле. Приведите примеры его применения.
8. Дайте определение флуктуациям. Каков относительный порядок величины флуктуаций энергии и плотности в макроскопических системах?
9. Запишите уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости. Объясните его физический смысл.
10. Выведите уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Какие допущения при этом принимаются?
11. Запишите уравнение Навье – Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Поясните физический смысл каждого члена.
12. Дайте определение числа Рейнольдса. Как оно используется для определения режима течения (ламинарный, турбулентный)?
13. Сформулируйте закон Фурье для теплопроводности. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?

14. Опишите основные механизмы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Приведите примеры.
15. Запишите уравнение энергии (теплопроводности) для неподвижной среды. Как оно выводится?
16. В чём заключается аналогия Рейнольдса между переносом импульса и тепла?
17. Постройте и объясните фазовую диаграмму для однокомпонентного вещества (области существования фаз, тройная точка, критическая точка).
18. Сформулируйте уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Для каких целей оно используется?
19. Что такое поверхностное натяжение? Как оно связано с капиллярными явлениями (подъём жидкости в капилляре, смачивание)?
20. Опишите теплообмен при кипении и конденсации. От каких факторов зависят коэффициенты теплоотдачи?
21. Что такое двухфазный поток? Приведите примеры и основные характеристики (газ-жидкость, газ-твёрдые частицы).
22. Объясните механизмы горения и детонации газовзвесей. Чем отличается горение от детонации?
23. Каковы особенности тепловых процессов в низкотемпературной плазме? Приведите примеры применения.
24. Опишите взаимодействие лазерного излучения с газом и жидкостью (теплопроводность, термокапиллярные явления, пробой).
25. Приведите примеры инженерных методов расчёта тепловых режимов высокотехнологичного оборудования (системы охлаждения, термостатирования).

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение	Включает	хорошо		71-85

й	знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Попкова, Е. А. Основы молекулярной теплофизики. Газовое и жидкое состояние вещества: учебное пособие для вузов / Е. А. Попкова. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 156 с. — ISBN 978-5-507-51453-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/450812>

Дополнительная литература:

1. Иванов, В. К. Физика. Молекулярная физика: учебное пособие для вузов / В. К. Иванов. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 200 с. — ISBN 978-5-507-51478-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/450839>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Введение в теорию электроракетных двигателей».

Цель изучения дисциплины:

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: Уметь: Владеть:.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Введение в теорию электроракетных двигателей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике	Место и роль электроракетных двигателей среди других типов ракетных двигателей. Основные области применения: коррекция орбиты, стабилизация, межпланетные перелёты, маневрирование спутников.
2.	Классификация электроракетных двигателей	Основные классов электроракетных двигателей по механизму ускорения рабочего тела: электротермические, электростатические и электромагнитные, также называемые плазменными.
3.	Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях	Поведение заряженной частицы в электрических и магнитных полях. Механизмы газоразрядной и контактной ионизации рабочего тела, таких как ксенон, цезий, аргон. Понятие плазмы и методы её диагностики.
4.	Электростатический, или ионный, двигатель	Принцип действия. Схема двигателя, включающая катод, анод, ионизатор и ускоряющую систему. Процесс ионизации рабочего тела, извлечение и ускорение ионов, нейтрализация ионного пучка. Основные параметры: тяга, удельный импульс, ресурс, эрозия.
5.	Электротермические двигатели, включая резистивные, дуговые и термические	Общий принцип – электронагрев рабочего тела с последующим его истечением через сопло. Особенности электродугового нагрева. Применение для задач коррекции орбиты.
6.	Электромагнитные, или плазменные, двигатели	Основные типы: двигатели с замкнутым дрейфом электронов, магнитоплазодинамические двигатели и импульсные плазменные двигатели. Физические процессы ускорения плазмы в скрещенных электрическом и магнитном полях.
7.	Системы электропитания и управления электроракетными двигателями	Взаимодействие электроракетных двигателей с бортовой энергосистемой космического аппарата. Роль солнечных батарей и радиоизотопных генераторов. Системы управления тягой и расходом рабочего тела.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике

Вопросы для обсуждения: Преимущества электроракетных двигателей перед химическими: высокий удельный импульс, экономия рабочего тела. Основные области применения: коррекция орбиты, межпланетные перелёты, стабилизация спутников. Ограничения: низкая тяга, высокое энергопотребление, ограниченный ресурс.

Тема 2: Классификация электроракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Классификация по механизму ускорения: электротермические, электростатические. Достоинства и недостатки каждого класса.

Тема 3: Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Вопросы для обсуждения: Движение частицы в электрическом поле: равноускоренное. Способы ионизации рабочего тела: газоразрядная, контактная ионизация. Основные параметры плазмы: температура, плотность, степень ионизации.

Тема 4: Электростатический, или ионный, двигатель

Вопросы для обсуждения: Схема: ионизатор, ускоряющая сетка, нейтрализатор. Ионизация электронным ударом, ускорение ионов электростатическим полем. Основные параметры: тяга, удельный импульс, ресурс, эрозия сеток.

Тема 5: Электротермические двигатели, включая резистивные, дуговые и термические

Вопросы для обсуждения: Принцип: электронагрев рабочего тела с последующим истечением через сопло. Типы: резистивный (нагрев сопротивлением), дуговой (электрическая дуга). Применение: коррекция орбиты, удержание позиции спутника.

Тема 6: Электромагнитные, или плазменные, двигатели

Вопросы для обсуждения: Основные типы: стационарный плазменный двигатель (замкнутый дрейф электронов), магнитоплазмодинамический двигатель, импульсный плазменный двигатель.

Тема 7: Системы электропитания и управления электроракетными двигателями

Вопросы для обсуждения: Источники энергии: солнечные батареи, радиоизотопные генераторы. Согласование двигателя с бортовой энергосистемой.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике

Вопросы для обсуждения: Анализ космических миссий с электроракетными двигателями. Расчёт времени работы двигателя для коррекции орбиты. Оценка выигрыша в массе полезной нагрузки.

Тема 2: Классификация электроракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Сравнение электротермических, электростатических и электромагнитных двигателей по тяге, удельному импульсу, ресурсу, энергопотреблению. Выбор типа двигателя для заданной задачи.

Тема 3: Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости иона по ускоряющему напряжению. Расчёт ларморовского радиуса. Расчёт дрейфовой скорости $E \times B$. Оценка степени ионизации по току и давлению.

Тема 4: Электростатический, или ионный, двигатель

Вопросы для обсуждения: Расчёт тяги, удельного импульса, ресурса по эрозии сеток. Построение вольт-амперной характеристики ионного источника.

Тема 5: Электротермические двигатели, включая резистивные, дуговые и термические

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости истечения по температуре нагрева. Расчёт

КПД электротермического двигателя. Выбор рабочего тела.

Тема 6: Электромагнитные, или плазменные, двигатели

Вопросы для обсуждения: Расчёт удельного импульса по разрядному напряжению. Расчёт тяги по массовому расходу и скорости истечения. Анализ эрозии канала двигателя.

Тема 7: Системы электропитания и управления электроракетными двигателями

Вопросы для обсуждения: Расчёт требуемой мощности солнечных батарей. Расчёт времени работы от запаса рабочего тела. Алгоритм регулировки тяги для точной коррекции орбиты.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам:
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно

связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике	ПК-2	Тестирование
Классификация электроракетных двигателей	ПК-2	Тестирование
Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях	ПК-2	Тестирование
Электростатический, или ионный, двигатель	ПК-2	Тестирование
Электротермические двигатели, включая резистивные, дуговые и термические	ПК-2	Тестирование
Электромагнитные, или плазменные, двигатели	ПК-2	Тестирование
Системы электропитания и управления электроракетными двигателями	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Какое основное преимущество электроракетных двигателей (ЭРД) перед химическими ракетными двигателями?**
 - Высокая тяга
 - Высокий удельный импульс
 - Возможность работы в атмосфере
 - Простота конструкции
- В каком диапазоне значений обычно находится удельный импульс современных электроракетных двигателей?**
 - 50–100 секунд
 - 200–400 секунд
 - 1000–5000 секунд
 - 10000–50000 секунд
- Какая из перечисленных космических задач является наиболее эффективной для применения электроракетных двигателей?**
 - Запуск спутника с поверхности Земли
 - Коррекция орбиты геостационарного спутника

- в) Посадка на Луну
 - г) Выход на низкую опорную орбиту
4. **Почему электроракетные двигатели не используются для запуска ракет с Земли?**
- а) Слишком высокий удельный импульс
 - б) Низкая тяга, неспособная преодолеть силу тяжести
 - в) Высокая стоимость рабочего тела
 - г) Невозможность работы в вакууме
5. **Какой параметр электроракетного двигателя характеризует его топливную экономичность?**
- а) Тяга
 - б) Мощность
 - в) Удельный импульс
 - г) Ресурс
6. **Какое из перечисленных применений электроракетных двигателей является наиболее распространённым на сегодняшний день?**
- а) Межпланетные перелёты
 - б) Коррекция орбиты геостационарных спутников (station-keeping)
 - в) Пилотируемые полёты к Марсу
 - г) Запуск малых спутников
7. **Какой тип рабочего тела чаще всего используется в электроракетных двигателях?**
- а) Водород
 - б) Керосин
 - в) Ксенон
 - г) Вода
8. **Что ограничивает ресурс электроракетного двигателя?**
- а) Запас топлива
 - б) Эрозия электродов и ускоряющих элементов
 - в) Срок службы солнечных батарей
 - г) Емкость аккумуляторов
9. **В какой миссии впервые был использован ионный двигатель в качестве основного движителя?**
- а) Вояджер-1
 - б) Deep Space 1
 - в) Аполлон-11
 - г) Союз
10. **Какое преимущество электроракетных двигателей позволяет значительно сократить массу топлива при межпланетных перелётах?**
- а) Высокая тяга
 - б) Малый расход рабочего тела при высоком удельном импульсе
 - в) Низкое энергопотребление
 - г) Простота конструкции
11. **Какую роль выполняют электроракетные двигатели на геостационарных спутниках связи?**
- а) Обеспечивают питание спутника
 - б) Корректируют орбиту для удержания позиции
 - в) Служат резервным источником энергии
 - г) Обеспечивают связь с Землёй
12. **Что является основным ограничением для использования электроракетных двигателей в пилотируемой космонавтике?**
- а) Низкий удельный импульс
 - б) Очень низкая тяга, не позволяющая быстро маневрировать

- в) Высокая температура выхлопа
 - г) Отсутствие рабочих тел
13. **Как электроракетные двигатели получают электроэнергию на борту космического аппарата?**
- а) От химических батарей
 - б) От солнечных батарей или радиоизотопных генераторов
 - в) От ядерного реактора
 - г) От термоэлектрических генераторов
14. **Какой параметр электроракетного двигателя характеризует его способность создавать ускоряющую силу?**
- а) Удельный импульс
 - б) Мощность
 - в) Тяга
 - г) КПД
15. **Какое основное преимущество электроракетных двигателей для межпланетных миссий?**
- а) Возможность быстрого разгона
 - б) Возможность длительной работы с малым расходом рабочего тела
 - в) Низкая стоимость
 - г) Отсутствие движущихся частей
16. **Каков типичный уровень тяги современных электроракетных двигателей?**
- а) Десятки ньютонов
 - б) Единицы ньютонов
 - в) Миллиньютон
 - г) Меганьютоны
17. **Что означает термин «электроракетный двигатель»?**
- а) Двигатель, использующий электричество для нагрева или ускорения рабочего тела
 - б) Двигатель, работающий на электричестве без рабочего тела
 - в) Двигатель, использующий электрические разряды для зажигания химического топлива
 - г) Электромотор, вращающий винт
18. **В чём состоит недостаток очень низкой тяги электроракетных двигателей?**
- а) Невозможность использовать в космосе
 - б) Длительное время разгона до необходимой скорости
 - в) Высокий расход рабочего тела
 - г) Сложность управления
19. **Какой тип электроракетного двигателя имеет самый высокий достигнутый удельный импульс?**
- а) Резистивный
 - б) Дуговой
 - в) Ионный
 - г) Стационарный плазменный

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Назовите основные преимущества и ограничения электроракетных двигателей по сравнению с химическими ракетными двигателями.
2. В каких космических задачах применение электроракетных двигателей наиболее эффективно и почему?
3. По какому признаку классифицируются электроракетные двигатели? Охарактеризуйте основные классы (электротермические, электростатические, электромагнитные).

4. Опишите поведение заряженной частицы в однородном электрическом поле и в однородном магнитном поле.
5. Объясните физический смысл дрейфа $E \times B$ в скрещенных электрическом и магнитном полях.
6. Какие способы ионизации рабочего тела используются в электроракетных двигателях? В чём их различие?
7. Что такое плазма? Каковы основные параметры плазмы в электроракетных двигателях?
8. Нарисуйте принципиальную схему электростатического (ионного) двигателя и поясните назначение каждого элемента.
9. Как в ионном двигателе происходит ионизация, извлечение и ускорение ионов? Для чего нужен нейтрализатор?
10. Каковы основные параметры ионного двигателя (тяга, удельный импульс, ресурс, эрозия сеток) и от каких факторов они зависят?
11. Объясните общий принцип работы электротермических двигателей. Чем отличаются резистивный и дуговой электротермические двигатели?
12. Для каких задач обычно применяются электротермические двигатели? Сравните их характеристики с ионными двигателями.
13. Назовите основные типы электромагнитных (плазменных) двигателей. Поясните принцип работы стационарного плазменного двигателя.
14. В чём заключается роль замкнутого дрейфа электронов в стационарном плазменном двигателе?
15. Каковы особенности и области применения импульсных плазменных двигателей?
16. Какие источники электроэнергии используются для питания электроракетных двигателей на борту космических аппаратов?
17. Как осуществляется управление тягой электроракетного двигателя и дозирование расхода рабочего тела?
18. Почему электроракетные двигатели не могут использоваться для старта с поверхности Земли?
19. Как оценить выигрыш в массе полезной нагрузки при замене химического двигателя на электроракетный?
20. Приведите примеры реальных космических миссий, в которых были успешно применены электроракетные двигатели (ионные или плазменные).

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать	отлично	зачтено	86-100

		проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

Аверьянов, А. П. Введение в ракетно-космическую технику: в 2 т. Т. 1. Общие сведения. Космодромы. Наземные средства контроля и управления ракетами и космическими аппаратами. Ракеты: учебное пособие / А. П. Аверьянов. — 2-е изд. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. — 380 с. — Текст электронный // Znanium : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/427928?utm_source=search&utm_medium=ai_snippet&utm_campaign=snippet_2026_06&utm_content

[=source_list](#)

Дополнительная литература:

Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1720-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения,

оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Физика плазмы».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических свойствах, закономерностях поведения и методах диагностики плазмы, а также практических навыков применения плазменных технологий для решения задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физические свойства, параметры и закономерности поведения плазмы, принципы её генерации, устойчивости и диагностики, а также методы контроля и измерения характеристик плазменных устройств для разработки и чтения конструкторской и технологической документации. Уметь: работать с конструкторской документацией, разрабатывать на их основе технологическую документацию, применять измерительные средства для контроля параметров плазмы и проводить испытания для подтверждения свойств материалов, подвергающихся плазменной обработке или эксплуатирующихся в плазменных средах. Владеть: навыками анализа и разработки документации при проектировании и испытаниях плазменных устройств, методами диагностики плазмы и обработки результатов измерений, а также приёмами оценки соответствия плазменного оборудования техническим требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика плазмы» представляет собой дисциплину части, формируемой

участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в физику плазмы	Определение плазмы, её квазинейтральность, коллективные взаимодействия. Степень ионизации, слабо- и сильноионизованная плазма. Основные параметры плазмы: концентрация, температура, дебаевский радиус, ленгмюровская частота, плазменная бета. Критерий идеальности плазмы. Области существования и применения плазмы.
2.	Движение заряженных частиц в полях	Движение одиночной заряженной частицы в однородных электрическом и магнитном полях: равноускоренное движение, ларморовское вращение, дрейфовые движения. Дрейф в скрещенных электрическом и магнитном полях ($E \times B$ -дрейф). Адиабатические инварианты и их нарушение. Дрейф в неоднородных полях.
3.	Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы	Уравнения магнитной гидродинамики (уравнение непрерывности, движения, индукции). Магнитное давление и натяжение. МГД-волны. Кинетическое описание: функция распределения, уравнение Власова. Учёт столкновений. Приближение двухжидкостной гидродинамики.
4.	Равновесие и устойчивость плазмы	Равновесие плазмы в магнитном поле. Основные типы неустойчивостей плазмы: гидродинамические и кинетические. Методы стабилизации неустойчивостей.
5.	Диагностика плазмы	Пассивные методы диагностики: регистрация

		излучения. Активные методы: зондовые измерения. Интерферометрия и рефрактометрия. Томография, методы селективного возбуждения. Особенности диагностики низкотемпературной и высокотемпературной плазмы.
6.	Генерация плазмы и типы плазменных устройств	Газовые разряды для получения плазмы. Ионизация ударной волной. Плазменные ускорители: плазмотроны, ионные источники. Плазменные двигатели. Термоядерные установки. Плазма в микроэлектронике.
7.	Прикладные аспекты физики плазмы	Плазменные технологии в обработке материалов. Плазменные источники света. Плазменная медицина. Применение плазмы в источниках тока и в системах очистки газов. Использование свойств плазмы в космической технике.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в физику плазмы

Вопросы для обсуждения: Определение плазмы, квазинейтральность, коллективные взаимодействия. Основные параметры: концентрация, температура, дебаевский радиус, ленгмюровская частота. Классификация плазмы по степени ионизации и идеальности. Области применения.

Тема 2: Движение заряженных частиц в полях

Вопросы для обсуждения: Движение в электрическом поле (равноускоренное).

Тема 3: Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы

Вопросы для обсуждения: Уравнения магнитной гидродинамики (МГД): непрерывности, движения, индукции.

Тема 4: Равновесие и устойчивость плазмы

Вопросы для обсуждения: Равновесие плазмы в магнитном поле. Основные неустойчивости: гидродинамические и кинетические. Методы стабилизации.

Тема 5: Диагностика плазмы

Вопросы для обсуждения: Пассивные методы: спектроскопия. Активные методы: зондовые измерения.

Тема 6: Генерация плазмы и типы плазменных устройств

Вопросы для обсуждения: Газовые разряды. Плазменные ускорители и двигатели.

Тема 7: Прикладные аспекты физики плазмы

Вопросы для обсуждения: Плазменные технологии обработки материалов.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение в физику плазмы

Вопросы для обсуждения: Определение степени ионизации.

Тема 2: Движение заряженных частиц в полях

Вопросы для обсуждения: Расчёт ларморовского радиуса, циклотронной частоты, скорости иона в электрическом поле.

Тема 3: Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы

Вопросы для обсуждения: Анализ дисперсионного соотношения для магнитозвуковых волн.

Тема 4: Равновесие и устойчивость плазмы

Вопросы для обсуждения: Оценка роста желобковой неустойчивости.

Тема 5: Диагностика плазмы

Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектральных линий.

Тема 6: Генерация плазмы и типы плазменных устройств

Вопросы для обсуждения: Расчёт мощности ионизации в разряде. Сравнение характеристик стационарного плазменного двигателя и ионного двигателя.

Тема 7: Прикладные аспекты физики плазмы

Вопросы для обсуждения: Расчёт глубины проплавления при плазменной резке. Решение задач на плазменное напыление.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в физику плазмы. Движение заряженных частиц в полях. Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы. Равновесие и устойчивость плазмы. Диагностика плазмы. Генерация плазмы и типы плазменных устройств. Прикладные аспекты физики плазмы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт дебаевского радиуса и ленгмюровской частоты. Расчёт ларморовского радиуса, циклотронной частоты, дрейфовой скорости. Расчёт мощности ионизации в разряде, сравнение характеристик плазменных двигателей. Расчёт глубины проплавления при плазменной резке.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные параметры и свойства плазмы. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Уравнения магнитной гидродинамики, вращательность магнитного поля, магнитогидродинамические волны. Неустойчивости плазмы и методы стабилизации. Методы диагностики плазмы. Типы газовых разрядов и плазменных устройств. Применение плазмы в технологиях.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций,

командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в физику плазмы	ПК-2	Тестирование
Движение заряженных частиц в полях	ПК-2	Тестирование
Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы	ПК-2	Тестирование
Равновесие и устойчивость плазмы	ПК-2	Тестирование
Диагностика плазмы	ПК-2	Тестирование
Генерация плазмы и типы плазменных устройств	ПК-2	Тестирование
Прикладные аспекты физики плазмы	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в физику плазмы»

1. Что такое плазма?

- а) Ионизированный газ, в котором суммарный положительный и отрицательный заряды приблизительно равны
- б) Любой газ, содержащий свободные электроны
- в) Газ, нагретый до температуры выше 1000 °С
- г) Частично ионизированный газ с малой плотностью зарядов

2. Какое свойство плазмы называется квазинейтральностью?

- а) Равенство числа электронов и ионов во всем объеме
- б) Примерное равенство концентраций положительных и отрицательных зарядов в макроскопических масштабах

- в) Отсутствие электрического поля внутри плазмы
 - г) Полное отсутствие свободных зарядов
3. **Что такое дебаевский радиус?**
- а) Характерный размер, на котором экранируется электрическое поле отдельного заряда в плазме
 - б) Радиус иона в плазме
 - в) Расстояние между двумя электронами
 - г) Длина свободного пробега электрона
4. **Какой параметр характеризует ленгмюровская частота?**
- а) Частоту столкновений электронов с ионами
 - б) Собственную частоту колебаний электронов в плазме относительно ионов
 - в) Частоту вращения электронов в магнитном поле
 - г) Частоту ионизации нейтральных атомов
5. **При каком условии плазма считается идеальной?**
- а) Когда число частиц в дебаевской сфере много больше единицы
 - б) Когда температура плазмы выше 10000 К
 - в) Когда степень ионизации близка к 100%
 - г) Когда концентрация зарядов очень мала
6. **Что такое степень ионизации плазмы?**
- а) Отношение числа ионизованных частиц к общему числу частиц
 - б) Отношение числа электронов к числу ионов
 - в) Отношение температуры электронов к температуре ионов
 - г) Отношение концентрации электронов к дебаевскому радиусу
7. **Какая плазма называется слабоионизованной?**
- а) Степень ионизации менее 1%
 - б) Степень ионизации более 50%
 - в) Степень ионизации 100%
 - г) Концентрация электронов меньше 10^{10} см^{-3}
8. **Какой критерий определяет идеальность плазмы?**
- а) Средняя кинетическая энергия частиц много больше энергии кулоновского взаимодействия
 - б) Дебаевский радиус много больше среднего расстояния между частицами
 - в) Температура электронов равна температуре ионов
 - г) Плазма не содержит нейтральных атомов
9. **Какие коллективные взаимодействия характерны для плазмы?**
- а) Одновременное движение большого числа заряженных частиц, приводящее к колебаниям и волнам
 - б) Только парные столкновения
 - в) Только взаимодействие с внешними полями
 - г) Отсутствие взаимодействия между частицами
10. **Что такое ленгмюровские колебания?**
- а) Высокочастотные колебания электронов в плазме
 - б) Низкочастотные колебания ионов
 - в) Электромагнитные волны в плазме
 - г) Колебания магнитного поля
11. **Какая область применения плазмы НЕ относится к высокотемпературной плазме?**
- а) Термоядерный синтез
 - б) Газоразрядные лампы
 - в) Астрофизические объекты (звезды)
 - г) Плазменные ускорители в космосе
12. **Каков типичный дебаевский радиус в лабораторной плазме газового разряда?**
- а) 1–10 мкм

- б) 1–10 мм
 - в) 1–10 см
 - г) 1–10 м
13. **Что такое критическая плотность плазмы для отражения радиоволн частотой ω ?**
- а) Плотность, при которой ленгмюровская частота равна частоте волны
 - б) Плотность, при которой дебаевский радиус равен длине волны
 - в) Плотность, при которой плазма становится полностью ионизованной
 - г) Плотность, при которой затухание волны максимально
14. **Какой порядок температур характерен для термоядерной плазмы в токамаках?**
- а) $10^3 - 10^4$ К
 - б) $10^7 - 10^8$ К
 - в) $10^5 - 10^6$ К
 - г) 300 К
15. **Что такое плазменная бета (β)?**
- а) Отношение давления плазмы к давлению магнитного поля
 - б) Отношение температуры электронов к температуре ионов
 - в) Степень ионизации плазмы
 - г) Дебаевский радиус, нормированный на межчастичное расстояние

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение плазмы. Каковы её основные свойства (квазинейтральность, коллективные взаимодействия)?
2. Что такое дебаевский радиус и ленгмюровская частота? В чём их физический смысл?
3. Как классифицируют плазму по степени ионизации и по параметру идеальности?
4. Опишите движение заряженной частицы в однородных электрическом и магнитном полях.
5. Что такое ларморовское вращение? Запишите выражения для циклотронной частоты и ларморовского радиуса.
6. Объясните дрейф заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях ($E \times B$ -дрейф).
7. Что такое адиабатические инварианты в физике плазмы? Приведите примеры.
8. Запишите основные уравнения магнитной гидродинамики (МГД) и поясните их физический смысл.
9. В чём заключается эффект вмороженности магнитного поля в плазму?
10. Какие типы волн существуют в плазме в рамках МГД-приближения (альфвеновские, магнитозвуковые)?
11. Опишите кинетический подход к описанию плазмы (функция распределения, уравнение Власова).
12. Что такое пинч-эффект? Поясните равновесие плазмы в Z-пинче и токамаке.
13. Какие неустойчивости характерны для плазмы? Назовите основные типы (гидродинамические и кинетические).
14. Как можно стабилизировать неустойчивости плазмы?
15. Перечислите основные методы диагностики плазмы (пассивные и активные).
16. Как работает ленгмюровский зонд? Что можно измерить с его помощью?
17. Какие способы генерации плазмы существуют (газовые разряды, ВЧ- и СВЧ-разряды, ударная ионизация)?
18. Назовите основные типы плазменных устройств (плазмотроны, ионные двигатели, стационарные плазменные двигатели, токамаки).

19. Приведите примеры применения плазмы в технологиях обработки материалов, в медицине, в космической технике.
20. В чём заключаются особенности низкотемпературной и высокотемпературной плазмы? Где они используются?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или	хорошо		71-85

		обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы. Том 1. Основы физики плазмы: учебное пособие для вузов / И. А. Котельников. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2026. — 400 с. — ISBN 978-5-507-56031-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/508774>

Дополнительная литература:

1. Рожанский, В. А. Теория плазмы: учебное пособие для вузов / В. А. Рожанский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1233-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/210770#2>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Теория надежности и практика испытаний двигателей космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины:

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен составлять программы испытаний разрабатываемых изделий, разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на необходимую для проведения испытаний.	ПК-3.1. Умеет работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний. ПК-3.2. Демонстрирует умения в работе со специальным оборудованием.	Знать: Уметь: Владеть:

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория надежности и практика испытаний двигателей космических аппаратов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной

работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике	Значение надёжности для космических аппаратов и двигательных установок. Основные термины: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, ресурс. Классификация отказов. Цели и этапы обеспечения надёжности на всех стадиях жизненного цикла двигателя.
2.	Физические основы отказов двигателей	Механизмы отказов жидкостных ракетных двигателей. Физика отказов электроракетных двигателей. Материаловедческие аспекты: усталость, ползучесть, термоциклирование, коррозия, радиационное повреждение. Влияние условий космического полёта на ресурс двигателей.
3.	Количественные характеристики и математические модели надёжности	Показатели безотказности: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа. Законы распределения времени до отказа. Статистические методы оценки надёжности по данным испытаний. Резервирование и его влияние на надёжность.
4.	Методы и организация испытаний двигателей	Классификация испытаний. Этапы подготовки и проведения испытаний. Оборудование и стенды для испытаний жидкостных и электроракетных двигателей. Особенности испытаний в вакуумных камерах, имитация условий космоса. Измерение параметров: тяга, удельный импульс, давление, температура, расход рабочего тела.
5.	Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса	Принципы ускоренных испытаний. Модели ускорения: Аррениуса, Коффина-Мэнсона, Эйринга. Экстраполяция результатов ускоренных испытаний на нормальные условия. Методика планирования ускоренных ресурсных испытаний двигателей. Критерии остановки испытаний и оценки остаточного ресурса.
6.	Анализ отказов и послеаварийная диагностика	Методы расследования причин отказов: металлография, электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ. Идентификация первичного инициирующего события. Корректирующие мероприятия. Базы данных отказов и обратная связь с проектированием. Документация при расследовании.
7.	Системный подход к обеспечению надёжности и опыт	Система управления надёжностью на предприятии. Надёжность на этапах проектирования, производства и эксплуатации. Методы анализа видов и

	эксплуатации	последствий отказов. Испытания на надёжность в процессе лётной эксплуатации. Практические примеры обеспечения надёжности двигателей космических аппаратов в отечественных и зарубежных программах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике

Вопросы для обсуждения: Основные термины: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, ресурс. Классификация отказов: внезапные, постепенные, конструкционные, технологические, эксплуатационные. Этапы обеспечения надёжности на стадиях жизненного цикла двигателя.

Тема 2: Физические основы отказов двигателей

Вопросы для обсуждения: Механизмы отказов жидкостных ракетных двигателей: камеры сгорания, турбонасосные агрегаты. Физика отказов электроракетных двигателей: эрозия, электрические пробои, деградация эмиттеров.

Тема 3: Количественные характеристики и математические модели надёжности

Вопросы для обсуждения: Показатели безотказности: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа. Статистические методы оценки надёжности по данным испытаний. Резервирование и его влияние на надёжность: горячее, холодное, скользящее.

Тема 4: Методы и организация испытаний двигателей

Вопросы для обсуждения: Классификация испытаний: стендовые, лётные, ресурсные, приёмочные. Особенности испытаний в вакуумных камерах. Измеряемые параметры: тяга, удельный импульс, давление, температура, расход рабочего тела.

Тема 5: Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса

Вопросы для обсуждения: Принципы ускоренных испытаний: форсирование нагрузкой, температурой. Экстраполяция результатов ускоренных испытаний на нормальные условия. Критерии остановки испытаний и оценки остаточного ресурса.

Тема 6: Анализ отказов и послеаварийная диагностика

Вопросы для обсуждения: Методы расследования: металлография, растровая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализом, рентгеноструктурный анализ. Идентификация первичного инициирующего события. Корректирующие мероприятия: доработка конструкции, изменение технологического процесса.

Тема 7: Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации

Вопросы для обсуждения: Система управления надёжностью на предприятии. Надёжность на этапах проектирования, производства и эксплуатации. Методы анализа видов и последствий отказов. Телеметрический мониторинг параметров в полёте. Примеры обеспечения надёжности двигателей в отечественных и зарубежных программах.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике

Вопросы для обсуждения: Анализ статистических данных по отказам двигателей. Классификация отказов по описаниям неисправностей. Построение структурной схемы

надёжности.

Тема 2: Физические основы отказов двигателей

Вопросы для обсуждения: Анализ микрофотографий разрушенных деталей: эрозия, трещины, оплавления. Расчёт ресурса по модели усталости при термоциклировании. Определение критических узлов двигателя.

Тема 3: Количественные характеристики и математические модели надёжности

Вопросы для обсуждения: Расчёт вероятности безотказной работы и интенсивности отказов по статистическим данным. Построение гистограммы распределения наработки до отказа. Подбор закона распределения. Расчёт надёжности системы с резервированием.

Тема 4: Методы и организация испытаний двигателей

Вопросы для обсуждения: Разработка программы ресурсных испытаний. Заполнение протокола стендовых испытаний. Расчёт погрешности измерения ключевых параметров: тяга, удельный импульс.

Тема 5: Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса

Вопросы для обсуждения: Планирование ускоренных испытаний. Оценка остаточного ресурса по результатам ускоренных испытаний.

Тема 6: Анализ отказов и послеаварийная диагностика

Вопросы для обсуждения: Имитация расследования отказа: выдвижение версий, назначение анализов. Составление акта технического расследования. Разработка корректирующих мероприятий.

Тема 7: Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации

Вопросы для обсуждения: Заполнение формы анализа видов и последствий отказов. Анализ телеметрических данных при лётных испытаниях. Оценка надёжности по результатам эксплуатации.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике. Физические основы отказов двигателей. Количественные характеристики и математические модели надёжности. Методы и организация испытаний двигателей. Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса. Анализ отказов и послеаварийная диагностика. Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Классификация отказов и построение структурных схем надёжности. Расчёт вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, средней наработки до отказа. Подбор законов распределения по статистическим данным. Расчёт надёжности системы с резервированием. Определение критических узлов двигателя по физике отказов. Разработка программы ресурсных испытаний.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия надёжности. Механизмы отказов жидкостных и электроракетных двигателей. Влияние космических условий на ресурс. Показатели безотказности и законы распределения. Статистические методы оценки надёжности. Резервирование. Классификация и этапы испытаний. Ускоренные испытания. Методы анализа отказов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике	ПК-3	Тестирование
Физические основы отказов двигателей	ПК-3	Тестирование
Количественные характеристики и математические модели надёжности	ПК-3	Тестирование
Методы и организация испытаний двигателей	ПК-3	Тестирование
Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса	ПК-3	Тестирование
Анализ отказов и послеаварийная диагностика	ПК-3	Тестирование

Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовых заданий:

Тест по теме «Роль надёжности в ракетно-космической технике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Что понимается под безотказностью в теории надёжности?**
 - а) Способность объекта сохранять работоспособное состояние в течение заданного времени
 - б) Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени
 - в) Способность объекта выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях
 - г) Свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению причин возникновения отказов
2. **Какой термин обозначает свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта?**
 - а) Безотказность
 - б) Долговечность
 - в) Ремонтопригодность
 - г) Сохраняемость
3. **Что такое ресурс двигателя?**
 - а) Суммарная наработка от начала эксплуатации до перехода в предельное состояние
 - б) Время работы до первого отказа
 - в) Количество отказов за единицу времени
 - г) Вероятность безотказной работы в заданном интервале времени
4. **Как классифицируются отказы по характеру возникновения?**
 - а) Механические и электрические
 - б) Внезапные и постепенные
 - в) Конструкционные и технологические
 - г) Эксплуатационные и ресурсные
5. **Какой тип отказа связан с нарушением установленных правил и режимов эксплуатации?**
 - а) Конструкционный
 - б) Технологический
 - в) Эксплуатационный
 - г) Постепенный
6. **На каком этапе жизненного цикла двигателя закладывается его потенциальная надёжность?**
 - а) Проектирование
 - б) Производство
 - в) Испытания
 - г) Эксплуатация
7. **Почему надёжность имеет особое значение для двигателей космических аппаратов?**
 - а) Из-за высокой стоимости двигателей
 - б) Из-за невозможности ремонта и обслуживания в полёте
 - в) Из-за сложности изготовления
 - г) Из-за большого количества двигателей на одном аппарате

8. Что характеризует ремонтпригодность?

- а) Способность объекта противостоять отказам
- б) Приспособленность объекта к предупреждению и обнаружению отказов и устранению их последствий
- в) Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность
- г) Суммарная наработка до предельного состояния

9. Какие отказы называются внезапными?

- а) Возникающие в результате постепенного изменения параметров
- б) Возникающие в результате случайных резких внешних воздействий
- в) Связанные с неправильной сборкой
- г) Связанные с нарушением правил эксплуатации

10. Что такое сохраняемость двигателя?

- а) Способность сохранять работоспособность в процессе хранения и транспортировки
- б) Свойство, противоположное безотказности
- в) Способность быстро восстанавливаться после отказа
- г) Способность работать без технического обслуживания

11. Какой показатель надёжности характеризует среднюю наработку между отказами?

- а) Вероятность безотказной работы
- б) Интенсивность отказов
- в) Средняя наработка на отказ
- г) Гамма-процентный ресурс

12. На каком этапе обеспечивается надёжность через контроль качества изготовления и отбраковку дефектных деталей?

- а) Проектирование
- б) Производство
- в) Испытания
- г) Эксплуатация

13. Что является основной целью ресурсных испытаний двигателей?

- а) Определение максимальной тяги
- б) Подтверждение заявленного ресурса и выявление предельных состояний
- в) Проверка удобства монтажа
- г) Оценка стоимости изготовления

14. Какой закон распределения времени до отказа чаще всего описывает внезапные отказы в период нормальной эксплуатации?

- а) Нормальное распределение
- б) Распределение Вейбулла
- в) Экспоненциальное распределение
- г) Логарифмически нормальное распределение

15. Какое из перечисленных мероприятий относится к этапу обеспечения надёжности при проектировании?

- а) Входной контроль материалов
- б) Расчёт запасов прочности и ресурса
- в) Обучение эксплуатационного персонала
- г) Мониторинг параметров в полёте

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение основным понятиям теории надёжности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, ресурс.
2. Как классифицируются отказы двигателей? Приведите примеры.

3. Каковы основные механизмы отказов жидкостных ракетных двигателей?
4. Опишите физику отказов электроракетных двигателей.
5. Какие материаловедческие аспекты влияют на ресурс двигателей?
6. Как условия космического полёта влияют на надёжность двигателей?
7. Что такое вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя наработка до отказа? Как они связаны между собой?
8. Какие законы распределения времени до отказа применяются в теории надёжности и в каких случаях?
9. Как оцениваются показатели надёжности по статистическим данным испытаний?
10. Что такое резервирование? Какие виды резервирования существуют и как они влияют на надёжность системы?
11. Перечислите и охарактеризуйте основные виды испытаний двигателей космических аппаратов.
12. Каковы этапы подготовки и проведения испытаний двигателей?
13. Какое оборудование и стенды используются для испытаний жидкостных и электроракетных двигателей? В чём особенности испытаний в вакуумных камерах?
14. Какие параметры измеряются при испытаниях двигателей?
15. В чём заключается принцип ускоренных испытаний? Какие факторы используются для форсирования?
16. Опишите физико-математические модели ускорения: Аррениуса, Коффина-Мэнсона, Эйринга.
17. Как планируются ускоренные ресурсные испытания? Как экстраполируются результаты на нормальные условия?
18. Какие методы применяются для анализа отказов и послеаварийной диагностики?
19. Что такое FMEA и FMECA? Как эти методы применяются для обеспечения надёжности двигателей?
20. Каковы особенности телеметрического мониторинга параметров двигателей в процессе лётной эксплуатации и как он используется для оценки надёжности?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного	отлично	зачтено	86-100

		характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Сугак Е.В. Прикладная теория надежности. Ч. 2. Надежность технических систем: учебник для вузов / Е. В. Сугак. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 240 с. – ISBN 978-5-507-46747-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/221243>
2. Лукьянчик А.И. Надежность ракетно-космической техники: практикум / А. И. Лукьянчик. – Омск: ОмГТУ, 2019. – 85 с. – ISBN 978-5-8149-2896-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/149136>

Дополнительная литература:

1. Патраев В.Е., Шангина Е.А. Надежность технических систем космических аппаратов: учебное пособие / В. Е. Патраев, Е. А. Шангина. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. – 66 с. – ISBN 978-5-7638-4261-6. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=379836>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения,

оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Жидкостные ракетные двигатели».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических и газодинамических процессах в жидкостных ракетных двигателях, принципах проектирования, расчёта и экспериментальной отработки ЖРД, а также практических навыков анализа рабочих процессов и методов повышения эффективности и надёжности ЖРД для применения в наукоёмких производствах ракетно-космической техники.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: физико-химические и газодинамические основы рабочих процессов в жидкостных ракетных двигателях, включая термодинамику, горение, течение в соплах; устройство и принципы работы камер сгорания, систем подачи топлива, турбонасосных агрегатов, систем охлаждения, управления и регулирования; методы экспериментальной отработки и испытаний ЖРД. Уметь: выполнять термодинамические и газодинамические расчёты параметров ЖРД; анализировать процессы смесеобразования, горения, теплообмена и течения; обосновывать выбор компонентов топлива, систем подачи и методов охлаждения; обрабатывать и интерпретировать результаты стендовых испытаний. Владеть: навыками расчёта энергетических, тепловых и газодинамических характеристик ЖРД; методами анализа работоспособности и эффективности основных узлов и систем двигателя; приёмами обработки экспериментальных данных и оценки влияния конструктивных параметров

		на надёжность и ресурс жидкостного ракетного двигателя.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Жидкостные ракетные двигатели» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей	Принцип работы ЖРД. Уравнение реактивной тяги, удельный импульс, расходные характеристики. Термодинамические циклы. Энергетические характеристики топлив: теплота сгорания, газовая постоянная, показатель адиабаты.
2.	Камеры сгорания и сопла ЖРД	Процессы смесеобразования и горения в камере. Типы форсунок: центробежные, струйные, двухкомпонентные. Устойчивость горения. Профилирование сопла: коническое, профилированное, сопло Лаваля. Тепловые потоки в стенку камеры.
3.	Топлива и системы подачи	Компоненты ракетных топлив: окислители и горючие, включая жидкий кислород, керосин, водород, азотную кислоту, гептил и другие. Системы подачи: вытеснительная (газовая, плунжерная) и насосная. Баки и арматура.
4.	Турбонасосные агрегаты (ТНА)	Устройство и принцип работы ТНА. Газогенераторы: жидкостные, твердотопливные.

		Турбины и насосы: центробежные, шнеко-центробежные. Гидравлические и газодинамические характеристики. Регулирование расхода.
5.	Охлаждение жидкостных ракетных двигателей	Методы охлаждения: проточное, завесное, внутреннее, абляционное, радиационное. Расчет тепловых потоков. Критерии устойчивости охлаждения. Теплозащитные покрытия.
6.	Системы управления и регулирования ЖРД	Задачи управления тягой и соотношением компонентов. Клапаны, регуляторы расхода, датчики давления и температуры. Электрические, гидравлические и пневматические схемы управления. Автоматика и системы аварийной защиты.
7.	Экспериментальная отработка и испытания ЖРД	Виды испытаний: огневые стендовые, холодные продувки, ресурсные, доводочные. Измерение тяги, расхода, давления, вибраций. Наземные испытательные комплексы. Анализ результатов испытаний.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Принцип работы ЖРД и уравнение реактивной тяги. Удельный импульс как основной показатель эффективности. Термодинамические циклы и энергетические характеристики топлив. Зависимость тяги и удельного импульса от давления в камере и степени расширения сопла.

Тема 2: Камеры сгорания и сопла ЖРД

Вопросы для обсуждения: Процессы смесеобразования и горения в камере. Типы форсунок. Устойчивость горения и методы её обеспечения. Профилирование сопел. Тепловые потоки в стенку камеры.

Тема 3: Топлива и системы подачи

Вопросы для обсуждения: Компоненты ракетных топлив: окислители и горючие. Вытеснительная система подачи и её особенности. Насосная система подачи: принцип работы, преимущества. Баки, арматура и трубопроводы.

Тема 4: Турбонасосные агрегаты (ТНА)

Вопросы для обсуждения: Устройство и принцип работы ТНА. Гидравлические и газодинамические характеристики. Регулирование расхода и поддержание давления.

Тема 5: Охлаждение жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Необходимость охлаждения камеры сгорания и сопла. Методы охлаждения. Расчет тепловых потоков и выбор толщины стенки. Теплозащитные покрытия и критерии устойчивости охлаждения.

Тема 6: Системы управления и регулирования ЖРД

Вопросы для обсуждения: Задачи управления тягой и соотношением компонентов топлива. Клапаны, регуляторы расхода, датчики давления и температуры. Электрические, гидравлические и пневматические схемы управления. Автоматика и системы аварийной защиты.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания ЖРД

Вопросы для обсуждения: Виды испытаний: огневые стендовые, холодные продувки,

ресурсные, доводочные. Измерение тяги, расхода, давления, вибраций. Наземные испытательные комплексы и их оснащение. Анализ результатов испытаний и доводка конструкции.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Расчёт реактивной тяги и удельного импульса по известным параметрам. Построение зависимости тяги от давления в камере. Оценка эффективности разных топлив по удельному импульсу. Решение задач на определение оптимальной степени расширения сопла.

Тема 2: Камеры сгорания и сопла ЖРД

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического сечения сопла по заданному расходу топлива. Определение геометрических размеров камеры и сопла. Оценка потерь на трение и рассеяние.

Тема 3: Топлива и системы подачи

Вопросы для обсуждения: Выбор компонентов топлива для заданных условий полёта. Расчёт необходимого давления вытеснительной подачи. Определение параметров насоса (напор, производительность). Расчёт потерь давления в трубопроводах.

Тема 4: Турбонасосные агрегаты (ТНА)

Вопросы для обсуждения: Расчёт потребной мощности турбины и параметров газогенератора. Определение частоты вращения вала. Расчёт напора центробежного насоса. Анализ совместной характеристики насоса и двигателя.

Тема 5: Охлаждение жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Расчёт теплового потока в стенку камеры. Определение необходимой толщины стенки и расхода охладителя. Оценка эффективности регенеративного охлаждения. Выбор материала стенки и теплозащитного покрытия.

Тема 6: Системы управления и регулирования ЖРД

Вопросы для обсуждения: Расчёт времени срабатывания клапанов и регуляторов. Построение схемы управления по заданному алгоритму. Оценка точности поддержания соотношения компонентов. Анализ устойчивости системы регулирования.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания ЖРД

Вопросы для обсуждения: Планирование программы огневых испытаний. Обработка результатов измерения тяги, расхода и давления. Оценка погрешностей измерительных каналов. Анализ виброакустических характеристик. Составление отчёта по результатам испытаний.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей. Камеры сгорания и сопла ЖРД. Топлива и системы подачи. Турбонасосные агрегаты. Охлаждение жидкостных ракетных двигателей. Системы управления и регулирования ЖРД. Экспериментальная отработка и испытания ЖРД.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт реактивной тяги и удельного импульса. Расчёт параметров камеры сгорания и сопла. Выбор компонентов топлива и расчёт систем подачи. Расчёт турбонасосного агрегата. Расчёт тепловых потоков и охлаждения. Анализ систем управления и регулирования. Планирование и обработка результатов стендовых испытаний.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термодинамика ЖРД. Рабочие процессы в камере сгорания и сопле. Характеристики

топлив и систем подачи. Виды испытаний и обработка экспериментальных данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей	ПК-3	Тестирование
Камеры сгорания и сопла ЖРД	ПК-3	Тестирование
Топлива и системы подачи	ПК-3	Тестирование
Турбонасосные агрегаты (ТНА)	ПК-3	Тестирование
Охлаждение жидкостных ракетных двигателей	ПК-3	Тестирование

Системы управления и регулирования ЖРД	ПК-3	Тестирование
Экспериментальная отработка и испытания ЖРД	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей»

- Какое уравнение описывает реактивную тягу жидкостного ракетного двигателя?**
 - $F = \dot{m} \cdot w + (p_a - p_H) \cdot F_a$
 - $F = \dot{m} \cdot w$
 - $F = (p_K - p_H) \cdot F_K$
 - $F = \dot{m} \cdot R \cdot T / p_K$
- Что такое удельный импульс ракетного двигателя?**
 - Тяга, отнесённая к массовому расходу топлива
 - Давление в камере сгорания
 - Степень расширения сопла
 - Температура продуктов сгорания
- Какой параметр характеризует эффективность преобразования тепловой энергии в кинетическую энергию газовой струи?**
 - Коэффициент полезного действия камеры
 - Удельный импульс
 - Коэффициент тяги
 - Газовая постоянная продуктов сгорания
- Какой из перечисленных параметров топлива оказывает наибольшее влияние на удельный импульс?**
 - Плотность
 - Теплота сгорания и молекулярная масса продуктов сгорания
 - Температура кипения
 - Вязкость
- Формула Циолковского связывает:**
 - Тягу и массовый расход
 - Скорость ракеты и скорость истечения газов
 - Давление в камере и расход топлива
 - Удельный импульс и высоту полёта
- Как изменяется тяга жидкостного ракетного двигателя при увеличении высоты (уменьшении наружного давления)?**
 - Увеличивается
 - Уменьшается
 - Не изменяется
 - Сначала увеличивается, затем уменьшается
- Что такое идеальный удельный импульс?**
 - Удельный импульс, рассчитанный без учёта потерь на трение и рассеяние
 - Удельный импульс в вакууме
 - Удельный импульс на уровне моря
 - Удельный импульс при номинальной тяге
- Какой термодинамический процесс наиболее близко описывает расширение газов в сопле ЖРД?**
 - Изотермический

- б) Изобарный
- в) Адиабатный (изоэнтروпийный)
- г) Политропный с подводом тепла

9. **Как зависит скорость истечения газов от молекулярной массы продуктов сгорания?**

- а) Обратно пропорциональна квадратному корню из молекулярной массы
- б) Прямо пропорциональна молекулярной массе
- в) Не зависит
- г) Пропорциональна квадрату молекулярной массы

10. **Что характеризует коэффициент тяги ЖРД?**

- а) Отношение действительной тяги к теоретической
- б) Отношение тяги к произведению давления в камере на площадь критического сечения
- в) Отношение удельного импульса к идеальному
- г) Отношение расхода топлива к тяге

11. **Какой показатель термодинамической эффективности рабочего тела в ЖРД является основным?**

- а) Показатель адиабаты (γ)
- б) Газовая постоянная (R)
- в) Теплоёмкость при постоянном давлении (c_p)
- г) Критическая температура

12. **При каком условии достигается максимальный удельный импульс в вакууме для заданного сопла?**

- а) При оптимальной степени расширения сопла
- б) При минимальном давлении в камере
- в) При максимальном расходе топлива
- г) При минимальной температуре в камере

13. **Что происходит с удельным импульсом при увеличении давления в камере сгорания (при прочих равных условиях)?**

- а) Увеличивается
- б) Уменьшается
- в) Не изменяется
- г) Проходит через максимум

14. **Какой закон сохранения лежит в основе вывода уравнения реактивной тяги?**

- а) Закон сохранения энергии
- б) Закон сохранения импульса
- в) Закон сохранения массы
- г) Первое начало термодинамики

15. **Что такое полный удельный импульс?**

- а) Интеграл тяги по времени, отнесённый к полной массе топлива
- б) Произведение удельного импульса на время работы
- в) Удельный импульс, умноженный на коэффициент потерь
- г) Сумма удельного импульса в вакууме и на уровне моря

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Уравнение реактивной тяги ЖРД. От каких параметров зависит тяга?
2. Что такое удельный импульс и как он связан со скоростью истечения газов?
3. Как влияет давление в камере сгорания и степень расширения сопла на удельный импульс?
4. Термодинамические циклы ЖРД. Сравнение эффективности различных циклов.
5. Энергетические характеристики ракетных топлив: теплота сгорания, газовая постоянная, показатель адиабаты.

6. Процессы смесеобразования в камере сгорания ЖРД. Типы форсунок и их особенности.
7. Устойчивость горения в ЖРД. Причины возникновения высокочастотных колебаний и методы их подавления.
8. Профилирование сопел ЖРД. Сопло Лаваля: принцип работы, расчет критического сечения.
9. Тепловые потоки в стенку камеры сгорания и сопла. Методы оценки и измерения.
10. Компоненты ракетных топлив: окислители (кислород, азотная кислота) и горючие (керосин, водород, гептил). Сравнение характеристик.
11. Вытеснительная система подачи топлива. Достоинства и недостатки, область применения.
12. Насосная система подачи топлива. Принцип работы, преимущества перед вытеснительной.
13. Устройство и принцип работы турбонасосного агрегата (ТНА). Назначение газогенератора.
14. Типы насосов, применяемых в ТНА (центробежные, шнеко-центробежные). Гидравлические характеристики.
15. Регулирование расхода топлива в ЖРД. Способы изменения тяги.
16. Методы охлаждения камеры сгорания и сопла (проточное регенеративное, завесное, внутреннее, абляционное, радиационное).
17. Расчёт тепловых потоков и выбор толщины стенки камеры. Критерии устойчивости охлаждения.
18. Системы управления и регулирования ЖРД. Задачи и состав (клапаны, регуляторы, датчики).
19. Автоматика и системы аварийной защиты ЖРД. Принципы действия и типовые схемы.
20. Виды испытаний ЖРД: огневые стендовые, холодные продувки, ресурсные, доводочные.
21. Измерение тяги, расхода топлива, давления и вибраций при стендовых испытаниях.
22. Наземные испытательные комплексы для ЖРД. Состав оборудования и требования.
23. Обработка и анализ результатов испытаний. Оценка погрешностей измерений.
24. Влияние высоты (наружного давления) на тягу и удельный импульс ЖРД.
25. Перспективные направления совершенствования жидкостных ракетных двигателей.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение,	отлично	зачтено	86-100

		решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большой степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие удовлетворительного уровня	признаков	неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / М. В. Добровольский; под ред. Д. А. Ягодникова. — 3-е изд., доп. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. — 472 с. — ISBN 978-5-7038-4145-7. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424189>

Дополнительная литература:

1. Гречух, И. Н. Жидкостные ракетные двигатели: учебное пособие / И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. — Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. — 140 с. — ISBN 978-5-8149-2470-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149080>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и

обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Конструкция и расчет электроракетных двигателей».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов знаний и практических навыков в области конструирования и расчётного обоснования характеристик электроракетных двигателей, а также умения разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели, выполнять стационарные и нестационарные расчёты в CAD/CAE-системах с учётом требований технологичности и рационального использования ресурсов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в CAD-системах, строить на их основе модели в CAE-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: основные принципы работы, конструктивные схемы и методы расчёта электроракетных двигателей, включая определение их тяговых, энергетических и ресурсных характеристик, а также требования к конструкторской документации и 3D-моделям узлов и агрегатов ЭРД с учётом технологичности. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели элементов электроракетных двигателей в CAD-системах, строить на их основе расчётные модели в CAE-средах для стационарного и нестационарного анализа тепловых, электрических, магнитных и механических полей, выполнять инженерные расчёты тяги, удельного импульса, мощности, КПД и ресурса. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей ЭРД в соответствии с требованиями ЕСКД и отраслевыми стандартами, методами междисциплинарного CAD/CAE-анализа, приёмами оптимизации конструктивных параметров по критериям эффективности, ресурса и технологичности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Конструкция и расчет электроракетных двигателей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Классификация и основные принципы работы	Основные понятия и определения: тяга, удельный импульс, эффективность. Принцип работы ЭРД: электрический разряд, создание плазмы, ускорение заряженных частиц. Классификация ЭРД: электротермические, электростатические, электромагнитные и импульсные. Основные области применения. Достоинства и недостатки.
2.	Электростатические двигатели	Устройство, рабочий процесс, конструктивные особенности и методика расчета основных характеристик ионных двигателей и стационарных плазменных двигателей. Понятие ионно-оптической системы и её роль в формировании тяги. Вопросы ресурса и эрозии электродов.
3.	Электротермические и электромагнитные двигатели	Принцип действия, устройство и конструктивные особенности резистивных, дуговых и магнитоплазмодинамических двигателей. Особенности рабочего процесса в импульсных плазменных двигателях. Их основные характеристики и области применения.
4.	Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания	Конструкции баков и систем подачи газообразного и жидкого рабочего тела. Дозирующие устройства, регуляторы расхода, клапаны и штуцеры.

		Принципы работы систем электропитания ЭРД: согласование с бортовой сетью, преобразование напряжения, управление мощностью.
5.	Расчетные и проектные характеристики ЭРД	Методики инженерного расчета тяги, удельного импульса, мощности, расхода рабочего тела и КПД. Выбор оптимальных параметров. Влияние конструктивных и режимных параметров на основные характеристики двигателя.
6.	Конструкционные материалы, прочность и ресурс	Требования к конструкционным материалам. Материалы, используемые в узлах ЭРД: эрозионно-стойкие, вакуумные, радиационно-стойкие. Основы расчета элементов конструкции на прочность. Факторы, влияющие на ресурс ЭРД: эрозия, термоциклирование, электрические пробой.
7.	Экспериментальная отработка и испытания	Цели и задачи экспериментальной отработки. Классификация испытаний: стендовые, ресурсные, квалификационные, лётные. Оборудование для наземной отработки: вакуумные камеры, диагностические системы. Измерение параметров ЭРД при испытаниях: тяга, расход, эрозия, спектральный анализ. Методика обработки и анализа результатов испытаний.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Классификация и основные принципы работы

Вопросы для обсуждения: Электроракетные двигатели обеспечивают высокий удельный импульс по сравнению с химическими. Классификация ЭРД: электротермические, электростатические, электромагнитные, импульсные. Тяга и удельный импульс – основные параметры эффективности ЭРД. ЭРД используются для коррекции орбит, стабилизации и межпланетных перелётов.

Тема 2: Электростатические двигатели

Вопросы для обсуждения: Ионный двигатель создаёт тягу за счёт ускорения ионов электростатическим полем. Нейтрализатор предотвращает накопление заряда на космическом аппарате. Стационарный плазменный двигатель использует замкнутый дрейф электронов в скрещенных полях. Ионно-оптическая система формирует и фокусирует ионный пучок, её эрозия ограничивает ресурс.

Тема 3: Электротермические и электромагнитные двигатели

Вопросы для обсуждения: Резистивный двигатель нагревает рабочее тело электрическим сопротивлением. Дуговой двигатель создаёт тягу за счёт нагрева плазмы электрической дугой. Магнитоплазодинамический двигатель ускоряет плазму в скрещенных полях. Импульсный плазменный двигатель создаёт импульсы тяги за счёт электрического разряда.

Тема 4: Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания

Вопросы для обсуждения: Рабочее тело, обычно ксенон, хранится в сжатом или сжиженном состоянии в баках высокого давления. Дозирующие устройства и регуляторы

расхода обеспечивают точную подачу газа в двигатель. Система электропитания преобразует бортовое напряжение и управляет мощностью ЭРД.

Тема 5: Расчетные и проектные характеристики ЭРД

Вопросы для обсуждения: Тяга ЭРД пропорциональна массовому расходу и скорости истечения. Удельный импульс определяется разностью потенциалов и массой иона. Мощность ЭРД связана с тягой и удельным импульсом соотношением $P = F \cdot I_{sp} \cdot g/2$. Оптимизация параметров позволяет достичь максимального КПД и ресурса.

Тема 6: Конструкционные материалы, прочность и ресурс

Вопросы для обсуждения: Материалы ЭРД должны быть эрозионно-стойкими, вакуумными и радиационно-стойкими. Основные факторы ограничения ресурса: эрозия электродов, термоциклирование, электрические пробои. Расчёт прочности узлов на механические и тепловые нагрузки обязателен для обеспечения надёжности.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания

Вопросы для обсуждения: Испытания ЭРД проводят в вакуумных камерах, имитирующих условия космоса. Измеряются тяга, расход рабочего тела, эрозия, спектральный состав плазмы. Ресурсные испытания подтверждают заданный срок работы двигателя. Результаты испытаний служат основой для доводки конструкции и сертификации.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Классификация и основные принципы работы

Вопросы для обсуждения: Сравнение ЭРД различных типов по тяге, удельного импульсу и ресурсу.

Тема 2: Электростатические двигатели

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости ионов по ускоряющему напряжению. Определение тяги ионного двигателя по току пучка и напряжению.

Тема 3: Электротермические и электромагнитные двигатели

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости истечения газа в резистивном двигателе по температуре. Оценка КПД дугового двигателя.

Тема 4: Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания

Вопросы для обсуждения: Расчёт запаса рабочего тела для заданной миссии. Расчёт мощности, потребляемой от солнечных батарей.

Тема 5: Расчетные и проектные характеристики ЭРД

Вопросы для обсуждения: Вычисление тяги, удельного импульса и КПД по заданным параметрам. Оптимизация разрядного напряжения для достижения максимального удельного импульса.

Тема 6: Конструкционные материалы, прочность и ресурс

Вопросы для обсуждения: Расчёт тепловых полей в камере ионизации. Оценка ресурса по данным ускоренных испытаний.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания

Вопросы для обсуждения: Планирование программы ресурсных испытаний. Обработка результатов измерений тяги и расхода.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Классификация и основные принципы работы электроракетных двигателей (ЭРД). Электростатические двигатели (ионные, стационарные плазменные). Электротермические и электромагнитные двигатели. Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания. Расчетные и проектные характеристики ЭРД. Конструкционные материалы, прочность и ресурс. Экспериментальная отработка и испытания.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение

упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт выигрыша в массе полезной нагрузки при использовании ЭРД. Выбор типа ЭРД для заданной космической задачи. Расчёт скорости ионов, тяги и удельного импульса электростатического двигателя. Определение параметров резистивного и дугового двигателей. Расчёт запаса рабочего тела и мощности системы электропитания. Оптимизация разрядного напряжения и тока. Расчёт тепловых полей и ресурса по данным ускоренных испытаний. Планирование программы ресурсных испытаний и обработка их результатов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные принципы работы и классификация ЭРД. Устройство и характеристики ионных и плазменных двигателей. Сравнение электротермических, электростатических и электромагнитных двигателей. Системы подачи рабочего тела и электропитания. Инженерные формулы расчёта тяги, удельного импульса, КПД, мощности. Влияние конструктивных параметров на ресурс. Виды испытаний и методы измерения параметров ЭРД. Методы обработки экспериментальных данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации

обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Классификация и основные принципы работы	ПК-1	Тестирование
Электростатические двигатели	ПК-1	Тестирование
Электротермические и электромагнитные двигатели	ПК-1	Тестирование
Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания	ПК-1	Тестирование
Расчетные и проектные характеристики ЭРД	ПК-1	Тестирование
Конструкционные материалы, прочность и ресурс	ПК-1	Тестирование
Экспериментальная отработка и испытания	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Классификация и основные принципы работы электроракетных двигателей (ЭРД)»

1. Что является основным преимуществом электроракетных двигателей перед химическими?

- а) Простота конструкции
- б) Высокий удельный импульс
- в) Возможность работы в атмосфере
- г) Низкая стоимость

2. Какой параметр характеризует топливную экономичность ракетного двигателя?

- а) Тяга
- б) Мощность
- в) Удельный импульс
- г) КПД

3. По какому основному признаку классифицируются электроракетные двигатели?

- а) По рабочему телу
- б) По механизму ускорения рабочего тела
- в) По напряжению питания
- г) По габаритам

4. К какому классу ЭРД относятся ионные двигатели и стационарные плазменные двигатели?

- а) Электротермические
- б) Электростатические
- в) Электромагнитные
- г) Импульсные

5. Какой тип ЭРД использует нагрев рабочего тела с последующим истечением через сопло?

- а) Электростатический
 - б) Электромагнитный
 - в) Электротермический
 - г) Ионный
6. **В каких космических задачах применение ЭРД наиболее эффективно?**
- а) Запуск с поверхности Земли
 - б) Коррекция орбиты и межпланетные перелёты
 - в) Посадка на Луну
 - г) Аварийное торможение
7. **Какой тип рабочего тела чаще всего используется в электроракетных двигателях?**
- а) Водород
 - б) Керосин
 - в) Ксенон
 - г) Гидразин
8. **Что такое удельный импульс?**
- а) Тяга, отнесённая к массовому расходу рабочего тела
 - б) Мощность, отнесённая к тяге
 - в) Скорость истечения газа из сопла
 - г) КПД двигателя
9. **Какое из перечисленных преимуществ характерно для ЭРД?**
- а) Высокая тяга
 - б) Малый расход рабочего тела при длительной работе
 - в) Простота конструкции
 - г) Отсутствие необходимости в электропитании
10. **Какое ограничение не позволяет использовать ЭРД для старта с Земли?**
- а) Низкий удельный импульс
 - б) Очень низкая тяга, неспособная преодолеть силу тяжести
 - в) Зависимость от солнечного света
 - г) Высокая стоимость рабочего тела
11. **К какому классу ЭРД относятся магнитоплазодинамические двигатели?**
- а) Электротермические
 - б) Электростатические
 - в) Электромагнитные
 - г) Импульсные
12. **Какой тип ЭРД создаёт тягу за счёт ускорения плазмы в скрещенных электрическом и магнитном полях?**
- а) Ионный
 - б) Стационарный плазменный
 - в) Резистивный
 - г) Дуговой
13. **Какой показатель позволяет сравнивать эффективность разных типов ЭРД?**
- а) Тяга
 - б) Удельный импульс
 - в) Масса двигателя
 - г) Рабочее напряжение
14. **Для каких целей обычно используются импульсные плазменные двигатели?**
- а) Основные маршевые двигатели
 - б) Точная ориентация и коррекция микроспутников
 - в) Запуск ракет
 - г) Питание бортовой аппаратуры
15. **Какое из перечисленных утверждений справедливо для ЭРД?**
- а) Они могут работать без рабочего тела

- б) Они требуют мощного источника электроэнергии
- в) Их удельный импульс ниже, чем у химических
- г) Они не могут работать в вакууме

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Сравните основные преимущества и недостатки электроракетных двигателей (ЭРД) по сравнению с химическими ракетными двигателями. В чем состоит принципиальное различие в механизме создания тяги?
2. Дайте классификацию ЭРД по механизму ускорения рабочего тела. Охарактеризуйте каждый класс: электротермические, электростатические, электромагнитные, импульсные.
3. Объясните принцип работы ионного двигателя. Нарисуйте принципиальную схему, поясните назначение ионно-оптической системы и нейтрализатора.
4. Каковы основные физические процессы, определяющие тягу и удельный импульс ионного двигателя? Запишите формулы для расчёта тяги и скорости истечения ионов.
5. Что такое эрозия ионно-оптической системы? Какие факторы влияют на скорость эрозии и как она ограничивает ресурс ионного двигателя?
6. Опишите устройство и принцип работы стационарного плазменного двигателя (СПД). В чем отличие СПД от ионного двигателя? Объясните роль замкнутого дрейфа электронов.
7. Приведите сравнительный анализ характеристик ионного двигателя и СПД (тяги, удельный импульс, ресурс, КПД, сложность конструкции, системы питания).
8. Каков принцип действия электротермического резистивного двигателя? Как рассчитывается скорость истечения и КПД такого двигателя?
9. Объясните работу дугового электротермического двигателя (аркджет). Каковы его достоинства и недостатки по сравнению с резистивным?
10. Опишите принцип работы магнитоплазодинамического (МПД) двигателя. Какие силы создают тягу? Укажите области применения МПД-двигателей.
11. Расскажите об устройстве и принципе действия импульсного плазменного двигателя. Для каких задач он наиболее эффективен?
12. Какие требования предъявляются к рабочему телу ЭРД? Почему наиболее распространенным рабочим телом является ксенон? Каковы альтернативные рабочие тела?
13. Опишите конструкцию систем хранения и подачи рабочего тела для ЭРД. Как обеспечивается точное дозирование расхода газа?
14. Каковы основные требования к системе электропитания ЭРД? Приведите типовую схему согласования с бортовой сетью космического аппарата (солнечные батареи, преобразователи).
15. Выведите основные расчетные соотношения для тяги, удельного импульса и мощности ЭРД. Как связаны между собой эти параметры?
16. Как влияют напряжение разряда, ток и расход рабочего тела на тягу, удельный импульс и КПД электростатического двигателя? Приведите графики качественных зависимостей.
17. Какие конструкционные материалы применяются для изготовления электродов, изоляторов и камеры ионизации в ЭРД? Обоснуйте выбор с точки зрения эрозионной стойкости, теплопроводности и вакуумной совместимости.
18. Назовите основные факторы, ограничивающие ресурс ЭРД (эрозия, термоциклирование, электрические пробои, деградация изоляторов). Какие методы используются для продления ресурса?
19. Какие виды испытаний проводятся при экспериментальной отработке ЭРД? Опишите стендовое оборудование (вакуумные камеры, системы измерения тяги, расхода, плазменной диагностики).

20. Как проводится обработка результатов испытаний ЭРД для определения тяги, удельного импульса, КПД и оценки ресурса? Поясните методику экстраполяции результатов ускоренных испытаний на реальные условия эксплуатации.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или	хорошо		71-85

		обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1720-9. — Текст: электронный.

Дополнительная литература:

1. Григорьян, В. Г. Расчет и конструкция электроракетных двигателей: учебное пособие / В. Г. Григорьян, А. С. Демидов, С. А. Хартов. — Москва: МАИ-ПРИНТ, 2011. — 87 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технология производства электроракетных двигателей».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области технологических процессов производства электроракетных двигателей, обеспечивающих выпуск высоконадёжных двигательных установок для космических аппаратов в условиях наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен читать комплекты конструкторской документации и разрабатывать на их основе технологическую документацию.	ПК-2.1. Умеет работать с конструкторской документацией, а также с 3D-моделями конструкций образцов изделий с учетом требований технологичности. ПК-2.2. Демонстрирует знания свойств материалов и способен пользоваться оборудованием, применяемым для контроля и измерения параметров. ПК-2.3. Демонстрирует навыки проведения испытаний для подтверждения свойств материалов.	Знать: основные технологические процессы изготовления деталей и узлов электроракетных двигателей, свойства конструкционных материалов, методы обработки, сборки, сварки и вакуумной герметизации, а также требования к конструкторской и технологической документации. Уметь: читать конструкторскую документацию и 3D-модели ЭРД, разрабатывать технологическую документацию, применять контрольно-измерительное оборудование для проверки параметров и проводить испытания для подтверждения качества и свойств материалов. Владеть: навыками работы с конструкторской и технологической документацией, методами метрологического контроля и проведения производственных испытаний (электрических, вакуумных, ресурсных), а также приёмами интерпретации результатов для оценки соответствия изделий техническим требованиям.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология производства электроракетных двигателей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в технологию производства ЭРД	Классификация электроракетных двигателей (ЭРД) и особенности их конструкций, влияющие на технологический процесс. Основные узлы ЭРД: ионно-оптические системы, разрядные камеры, эмиттеры, катоды-компенсаторы, магнитные системы. Требования к точности изготовления, чистоте поверхностей и вакуумной герметичности. Стадии и этапы технологического процесса.
2.	Конструкционные материалы и заготовительные операции	Материалы, применяемые в ЭРД: тугоплавкие металлы, эрозионно-стойкие сплавы, магнитомягкие стали, вакуумная керамика, высокотемпературные полимеры, изотропный графит. Технологии получения заготовок: литьё, штамповка, прокат, методы порошковой металлургии для изготовления пористых эмиттеров. Требования к чистоте и однородности материалов.
3.	Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД	Прецизионная механическая обработка труднообрабатываемых материалов. Электроэрозионная обработка для изготовления прецизионных отверстий и профильных поверхностей. Электронно-лучевая и лазерная обработка. Литография для изготовления сеток ионно-оптических систем. Химическое фрезерование. Чистовая обработка керамики.
4.	Сборка, сварка и вакуумная	Сборочные операции: центровка узлов, сборка электродных систем, монтаж магнитной системы,

	герметизация	юстировка ионно-оптической системы. Методы соединения деталей: аргонодуговая сварка в защитной среде, электронно-лучевая и лазерная сварка, вакуумная диффузионная сварка, пайка высокотемпературными припоями, склеивание термостойкими клеями. Создание вакуумной герметичности узлов. Сборка и герметизация системы подачи рабочего тела.
5.	Очистка, термообработка и вакуумная обработка	Ультразвуковая и химическая очистка деталей, обезжиривание. Термическая и вакуумная дегазация материалов перед сборкой для удаления адсорбированных газов. Обезгаживание в вакуумных печах. Термообработка для снятия внутренних напряжений и улучшения свойств материалов.
6.	Контроль качества и метрологическое обеспечение	Методы контроля геометрических параметров: координатно-измерительные машины, лазерная интерферометрия, оптические микроскопы. Контроль шероховатости поверхности. Контроль чистоты поверхности и дефектов. Течеискание для проверки герметичности вакуумных узлов. Электрический контроль: проверка сопротивления изоляции, целостности цепей. Контроль геометрии магнитного поля. Статистические методы управления качеством.
7.	Производственные испытания и эксплуатационная надёжность	Виды испытаний в производственном цикле: приёмочные, периодические, приёмо-сдаточные. Электрические испытания: проверка электрической прочности, сопротивления изоляции, формирование катода. Стендовые испытания в вакуумных камерах: измерение тяги, удельного импульса, ресурсные испытания. Измерение параметров плазмы. Оценка эрозии и ресурса. Обработка и анализ результатов испытаний. Оценка надёжности. Документирование и сертификация.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в технологию производства ЭРД

Вопросы для обсуждения: Классификация электроракетных двигателей по механизму ускорения рабочего тела. Основные узлы ЭРД: ионно-оптические системы, разрядные камеры, эмиттеры, катоды-компенсаторы, магнитные системы. Требования к точности изготовления, чистоте поверхностей и вакуумной герметичности. Стадии технологического процесса: заготовительная, обработочная, сборочная, испытательная.

Тема 2: Конструкционные материалы и заготовительные операции

Вопросы для обсуждения: Тугоплавкие металлы, эрозионно-стойкие сплавы,

магнитомягкие стали. Вакуумная керамика, высокотемпературные полимеры, изотропный графит. Технологии получения заготовок: литьё, штамповка, прокат, порошковая металлургия для пористых эмиттеров. Требования к чистоте и однородности материалов.

Тема 3: Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД

Вопросы для обсуждения: Прецизионная механическая обработка труднообрабатываемых материалов. Электроэрозионная обработка для прецизионных отверстий и профильных поверхностей. Электронно-лучевая и лазерная обработка. Литография для изготовления сеток ионно-оптических систем. Химическое фрезерование. Чистовая обработка керамики.

Тема 4: Сборка, сварка и вакуумная герметизация

Вопросы для обсуждения: Сборочные операции: центровка узлов, сборка электродных систем, монтаж магнитной системы, юстировка ионно-оптической системы. Аргонодуговая, электронно-лучевая и лазерная сварка. Вакуумная диффузионная сварка, пайка высокотемпературными припоями. Склеивание термостойкими клеями. Герметизация узлов и системы подачи рабочего тела.

Тема 5: Очистка, термообработка и вакуумная обработка

Вопросы для обсуждения: Ультразвуковая и химическая очистка деталей, обезжиривание. Термическая и вакуумная дегазация материалов для удаления адсорбированных газов. Обезгаживание в вакуумных печах. Термообработка для снятия внутренних напряжений и улучшения свойств материалов.

Тема 6: Контроль качества и метрологическое обеспечение

Вопросы для обсуждения: Координатно-измерительные машины, лазерная интерферометрия, оптические микроскопы для контроля геометрии. Профилометры и атомно-силовая микроскопия для контроля шероховатости. Течеискание для проверки герметичности вакуумных узлов. Электрический контроль сопротивления изоляции и целостности цепей. Контроль геометрии магнитного поля. Статистические методы управления качеством.

Тема 7: Производственные испытания и эксплуатационная надёжность

Вопросы для обсуждения: Виды испытаний: приёмочные, периодические, приёмосдаточные. Электрические испытания: проверка электрической прочности, сопротивления изоляции, формирование катода. Стендовые испытания в вакуумных камерах: измерение тяги, удельного импульса, ресурсные испытания. Измерение параметров плазмы. Оценка эрозии и ресурса. Обработка и анализ результатов, документирование и сертификация.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в технологию производства ЭРД

Вопросы для обсуждения: Анализ конструкторской документации на типовой ЭРД. Определение последовательности изготовления основных узлов. Составление маршрутной карты технологического процесса сборки и испытаний.

Тема 2: Конструкционные материалы и заготовительные операции

Вопросы для обсуждения: Подбор материала для заданного узла ЭРД с учётом эрозионной стойкости, теплопроводности и вакуумной совместимости. Выбор метода получения заготовки. Расчёт припусков на механическую обработку.

Тема 3: Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД

Вопросы для обсуждения: Разработка технологического маршрута изготовления сетки ионно-оптической системы. Назначение режимов электроэрозионной обработки. Выбор метода чистовой обработки керамической детали.

Тема 4: Сборка, сварка и вакуумная герметизация

Вопросы для обсуждения: Разработка сборочной схемы и операционной карты сборки разрядной камеры. Выбор метода сварки для соединения разнородных материалов. Расчёт

режимов пайки или сварки. Проверка герметичности сборки на имитаторе течеискателя.

Тема 5: Очистка, термообработка и вакуумная обработка

Вопросы для обсуждения: Назначение режимов ультразвуковой очистки и обезжиривания.

Выбор режима вакуумной дегазации для керамических изоляторов. Расчёт времени откачки и температуры обезгаживания.

Тема 6: Контроль качества и метрологическое обеспечение

Вопросы для обсуждения: Разработка карты контроля геометрических параметров критического узла. Выбор измерительного оборудования. Расчёт допусков и посадок.

Проведение статистического анализа партии деталей.

Тема 7: Производственные испытания и эксплуатационная надёжность

Вопросы для обсуждения: Составление программы приёмо-сдаточных испытаний ЭРД.

Обработка результатов стендовых испытаний. Оформление протокола испытаний и заключения о качестве.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в технологию производства ЭРД. Конструкционные материалы и заготовительные операции. Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД. Сборка, сварка и вакуумная герметизация. Очистка, термообработка и вакуумная обработка. Контроль качества и метрологическое обеспечение. Производственные испытания и эксплуатационная надёжность.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ конструкторской документации и разработка маршрутных карт. Подбор материалов и выбор заготовительных операций. Разработка технологических маршрутов изготовления деталей (сетки, керамика). Выбор методов сборки, сварки, расчёт режимов. Назначение режимов очистки и вакуумной дегазации. Разработка карт контроля геометрии и статистический анализ. Составление программ испытаний и обработка результатов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация ЭРД и основные узлы. Материалы и заготовки ЭРД. Механическая, электроэрозионная, лазерная обработка. Сборка, сварка, пайка, герметизация. Очистка, дегазация, термообработка. Методы контроля (КИМ, течеискание, электрические измерения). Виды испытаний (приёмочные, ресурсные, стендовые). Оценка надёжности и обработка результатов испытаний.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в технологию производства ЭРД	ПК-2	Тестирование
Конструкционные материалы и заготовительные операции	ПК-2	Тестирование
Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД	ПК-2	Тестирование
Сборка, сварка и вакуумная герметизация	ПК-2	Тестирование
Очистка, термообработка и вакуумная обработка	ПК-2	Тестирование
Контроль качества и метрологическое обеспечение	ПК-2	Тестирование
Производственные испытания и эксплуатационная надёжность	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в технологию производства электроракетных двигателей (ЭРД)»

1. По какому основному признаку классифицируются электроракетные двигатели?

а) По типу рабочего тела

- б) По механизму ускорения рабочего тела
- в) По напряжению питания
- г) По габаритным размерам

2. **Какой узел ЭРД служит для формирования и фокусировки ионного пучка?**

- а) Катод-компенсатор
- б) Ионно-оптическая система
- в) Разрядная камера
- г) Магнитная система

3. **Какое требование является одним из важнейших при производстве узлов ЭРД?**

- а) Низкая стоимость материалов
- б) Высокая точность изготовления и чистота поверхностей
- в) Минимальная масса
- г) Простота сборки

4. **Что такое катод-компенсатор в составе электроракетного двигателя?**

- а) Устройство для нагрева рабочего тела
- б) Устройство для нейтрализации ионного пучка
- в) Элемент магнитной системы
- г) Деталь системы подачи рабочего тела

5. **Какая стадия технологического процесса производства ЭРД следует после заготовительной?**

- а) Сборочная
- б) Испытательная
- в) Обработочная
- г) Контрольная

6. **К какому классу ЭРД относятся ионные двигатели и стационарные плазменные двигатели?**

- а) Электротермические
- б) Электростатические
- в) Электромагнитные
- г) Импульсные

7. **Что входит в состав ионно-оптической системы?**

- а) Эмиттер и катод
- б) Ускоряющие и экранирующие сетки
- в) Магнитные катушки
- г) Керамические изоляторы

8. **Какое требование предъявляется к вакуумной герметичности узлов ЭРД?**

- а) Отсутствие вибраций
- б) Отсутствие течей рабочего тела в окружающую среду
- в) Высокая теплопроводность
- г) Устойчивость к радиации

9. **Что из перечисленного является основным узлом электростатического двигателя?**

- а) Сопло Лавалья
- б) Разрядная камера с магнитной системой
- в) Турбонасосный агрегат
- г) Камера сгорания

10. **Для чего предназначена магнитная система в стационарном плазменном двигателе?**

- а) Для нагрева рабочего тела
- б) Для создания замкнутого дрейфа электронов
- в) Для ускорения ионов
- г) Для подачи ксенона

11. Какой этап технологического процесса включает центровку узлов и юстировку ионно-оптической системы?

- а) Заготовительный
- б) Обработочный
- в) Сборочный
- г) Испытательный

12. Какой материал чаще всего используется для изготовления сеток ионно-оптических систем?

- а) Медь
- б) Алюминий
- в) Молибден или графит
- г) Полимер

13. Какая стадия технологического процесса предусматривает контроль геометрических параметров критических узлов?

- а) Заготовительная
- б) Обработочная
- в) Сборочная
- г) Все стадии (заготовительная, обработочная, сборочная)

14. Что из перечисленного относится к электротермическим двигателям?

- а) Ионный двигатель
- б) Резистивный двигатель
- в) Стационарный плазменный двигатель
- г) Импульсный плазменный двигатель

15. Каким методом обычно проверяют герметичность вакуумных узлов ЭРД?

- а) Пневматическим испытанием
- б) Гидравлическим испытанием
- в) Течеисканием (гелиевым масс-спектрометром)
- г) Оптическим контролем

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Дайте классификацию электроракетных двигателей (ЭРД) по механизму ускорения рабочего тела. Приведите примеры каждого класса.
2. Перечислите основные узлы ЭРД (ионно-оптическая система, разрядная камера, эмиттер, катод-компенсатор, магнитная система) и поясните их назначение.
3. Какие требования предъявляются к точности изготовления, чистоте поверхностей и вакуумной герметичности узлов ЭРД?
4. Назовите основные стадии технологического процесса производства ЭРД (заготовительная, обработочная, сборочная, испытательная). Кратко охарактеризуйте каждую.
5. Какие конструкционные материалы применяются для изготовления деталей ЭРД? Обоснуйте выбор тугоплавких металлов, вакуумной керамики, графита и полимеров.
6. Опишите технологии получения заготовок для деталей ЭРД (литьё, штамповка, прокат, порошковая металлургия).
7. Какие методы механической обработки используются при изготовлении прецизионных деталей ЭРД? В чём особенности обработки труднообрабатываемых материалов?
8. Расскажите об электроэрозионной обработке деталей ЭРД. Какие задачи она решает (изготовление прецизионных отверстий, профильных поверхностей)?
9. Какие электрофизические методы (электронно-лучевая, лазерная обработка, литография) применяются при производстве сеток ионно-оптических систем?
10. Как осуществляется чистовая обработка керамических деталей ЭРД (алмазное точение, шлифование, ультразвуковая обработка)?

11. Перечислите и охарактеризуйте сборочные операции при производстве ЭРД (центровка, сборка электродных систем, монтаж магнитной системы, юстировка ионно-оптической системы).
12. Какие методы сварки и пайки используются для соединения деталей ЭРД (аргонодуговая, электронно-лучевая, лазерная сварка, вакуумная диффузионная сварка, пайка высокотемпературными припоями)?
13. Как обеспечивается вакуумная герметичность узлов и системы подачи рабочего тела ЭРД?
14. Опишите технологические операции очистки, термообработки и вакуумной дегазации деталей перед сборкой.
15. Какие методы контроля геометрических параметров применяются в производстве ЭРД (координатно-измерительные машины, лазерная интерферометрия, оптические микроскопы)?
16. Как осуществляется контроль шероховатости и чистоты поверхности деталей ЭРД?
17. Что такое течеискание и как оно используется для проверки герметичности вакуумных узлов ЭРД?
18. Какие электрические испытания проводятся на этапе производства ЭРД (проверка сопротивления изоляции, целостности цепей, электрической прочности, формирование катода)?
19. Какие виды производственных испытаний (приёмочные, периодические, приёмосдаточные) проходят готовые ЭРД? Как измеряются тяга и удельный импульс?
20. Как проводится оценка ресурса и надёжности ЭРД по результатам стендовых испытаний (в том числе с использованием ускоренных испытаний)?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение	Включает	хорошо		71-85

й	знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1720-9. — Текст: электронный.

Дополнительная литература:

1. Квасников Л.А. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов: Учебник для авиационных специальностей вузов. — Москва: Издательство МАИ, 2002. — 395 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов,

статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

8. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Автоматизированные системы управления двигателями космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области проектирования, моделирования, анализа и эксплуатации автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов, обеспечивающих эффективное и надёжное функционирование двигательных установок в составе космических аппаратов наукоемких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать конструкторскую документацию, а также 3D-модели конструкций образцов изделий с характеристиками, указанными в техническом задании, с учетом требований технологичности.	ПК-1.1. Разрабатывает конструкторскую документацию с применением инженерных знаний и с учетом рационального использования ресурсов. ПК-1.2. Умеет работать с 3D-моделями, созданными в САД-системах, строить на их основе модели в САЕ-системах, проводить стационарные и нестационарные расчёты.	Знать: физические, математические и алгоритмические основы автоматизированного управления двигателями космических аппаратов, принципы построения систем управления, требования к конструкторской документации и 3D-моделям с учётом технологичности и ресурсоэффективности. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели элементов систем управления, строить расчётные модели в САЕ-средах для анализа динамических, тепловых и электромагнитных процессов, проводить стационарные и нестационарные расчёты алгоритмов управления и переходных режимов. Владеть: навыками создания конструкторской документации и 3D-моделей для систем управления двигателями, методами междисциплинарного САД/САЕ-анализа, приёмами оптимизации конструктивных и алгоритмических решений по критериям эффективности, надёжности и технологичности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Автоматизированные системы управления двигателями космических аппаратов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов	Назначение, структура, классификация и задачи автоматизированных систем управления двигательными установками космических аппаратов.
2.	Базовые принципы управления движением космических аппаратов	Основы динамики полета, ориентации, стабилизации и управления движением космических аппаратов с использованием двигательных систем.
3.	Математические модели и методы управления	Математическое описание объектов управления, методы синтеза регуляторов, анализ устойчивости и качества управления.
4.	Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства	Принципы работы датчиков, исполнительных органов, вычислительных комплексов и каналов передачи данных.
5.	Проектирование автоматизированных систем управления двигателями	Этапы разработки, выбор архитектуры, моделирование и проектирование контуров управления двигательных установок.
6.	Анализ характеристик и эффективности систем управления	Оценка точности, надежности, устойчивости и энергетической эффективности систем управления.

7.	Практическая реализация алгоритмов управления	Реализация программно-аппаратных комплексов, внедрение алгоритмов регулирования и управления тягой двигателей.
8.	Контроль, диагностика и испытания систем управления	Методы контроля технического состояния, диагностики неисправностей и проведения испытаний автоматизированных систем.
9.	Современные технологии интеллектуального управления	Адаптивное, оптимальное и интеллектуальное управление, цифровые технологии и элементы искусственного интеллекта.
10.	Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов	Интеграция систем управления в состав бортовых комплексов, анализ реальных космических миссий и перспектив развития.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Понятие автоматизированной системы управления (АСУ) двигателями космических аппаратов. Функции и задачи АСУ: регулирование тяги, управление ориентацией, стабилизация, коррекция орбиты. Роль обратной связи в системах управления. Структура типовой АСУ: датчики, контроллер, исполнительные устройства, объект управления.

Тема 2: Базовые принципы управления движением космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Уравнения движения центра масс и вращательного движения (уравнения Эйлера). Задачи управления ориентацией: стабилизация, разворот, отслеживание. Принцип реактивного управления. Координатные системы: инерциальная, связанная, орбитальная.

Тема 3: Математические модели и методы управления

Вопросы для обсуждения: Линейные и нелинейные модели динамики двигателей. Передаточные функции и переходные характеристики. Пространство состояний. Анализ устойчивости. Синтез регуляторов: ПИД-регуляторы, модальное управление.

Тема 4: Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства

Вопросы для обсуждения: Датчики углового положения и скорости: гироскопы, акселерометры, звездные датчики, солнечные датчики. Исполнительные устройства: электроракетные двигатели, двигатели малой тяги, электроклапаны. Бортовые вычислительные средства: архитектура, процессоры, интерфейсы.

Тема 5: Проектирование автоматизированных систем управления двигателями

Вопросы для обсуждения: Этапы проектирования АСУ: анализ требований, выбор архитектуры, синтез регуляторов, моделирование, реализация, испытания. Учёт ограничений: энергопотребление, масса, габариты, надёжность. Оформление конструкторской и программной документации.

Тема 6: Анализ характеристик и эффективности систем управления

Вопросы для обсуждения: Методы анализа точности: установившаяся ошибка, динамическая ошибка. Быстродействие: время переходного процесса, перерегулирование. Устойчивость к возмущениям и помехоустойчивость. Надёжность и энергетическая

эффективность.

Тема 7: Практическая реализация алгоритмов управления

Вопросы для обсуждения: Цифровая реализация регуляторов: дискретизация, квантование. Программирование алгоритмов на языках высокого уровня и ассемблера. Использование операционных систем реального времени. Отладка и верификация программного обеспечения.

Тема 8: Контроль, диагностика и испытания систем управления

Вопросы для обсуждения: Методы контроля работоспособности датчиков и исполнительных устройств. Диагностика отказов: методы обнаружения и локализации. Резервирование (горячее, холодное, мажоритарное). Виды испытаний: автономные, комплексные, лётные.

Тема 9: Современные технологии интеллектуального управления

Вопросы для обсуждения: Нейронные сети в системах управления: аппроксимация динамики, адаптация. Нечёткая логика и генетические алгоритмы для оптимизации регуляторов. Адаптивное управление с эталонной моделью. Методы машинного обучения для диагностики и прогнозирования отказов.

Тема 10: Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Интеграция АСУ с другими подсистемами космического аппарата. Управление группой двигателей: распределение тяги, оптимизация расхода топлива. Примеры существующих систем управления. Перспективы развития: автономные и интеллектуальные системы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Анализ структурной схемы АСУ для заданного типа космического аппарата. Составление перечня требований к системе управления.

Тема 2: Базовые принципы управления движением космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Решение задач на расчёт управляющих импульсов для коррекции орбиты. Моделирование разворота космического аппарата с использованием уравнений Эйлера.

Тема 3: Математические модели и методы управления

Вопросы для обсуждения: Анализ устойчивости системы с использованием критериев. Синтез ПИД-регулятора для одномерной модели. Расчёт параметров регулятора в пространстве состояний.

Тема 4: Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства

Вопросы для обсуждения: Выбор датчиков и исполнительных устройств по заданным техническим характеристикам. Составление схемы подключения датчиков к бортовому вычислителю.

Тема 5: Проектирование автоматизированных систем управления двигателями

Вопросы для обсуждения: Разработка функциональной схемы АСУ.

Тема 6: Анализ характеристик и эффективности систем управления

Вопросы для обсуждения: Расчёт переходной характеристики и показателей качества. Оценка влияния шумов измерений на точность.

Тема 7: Практическая реализация алгоритмов управления

Вопросы для обсуждения: Программирование ПИД-регулятора на языке С для микроконтроллера. Дискретизация непрерывного регулятора.

Тема 8: Контроль, диагностика и испытания систем управления

Вопросы для обсуждения: Разработка сценария тестирования датчиков и исполнительных устройств. Реализация алгоритма обнаружения отказа датчика.

Тема 9: Современные технологии интеллектуального управления

Вопросы для обсуждения: Построение простой нейронной сети для аппроксимации

нелинейной динамики. Настройка нечёткого регулятора для управления положением.

Тема 10: Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов
Вопросы для обсуждения: Моделирование работы АСУ в составе полной модели космического аппарата. Разработка алгоритма координации нескольких двигателей.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов. Базовые принципы управления движением космических аппаратов. Математические модели и методы управления. Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства. Проектирование автоматизированных систем управления двигателями. Анализ характеристик и эффективности систем управления. Практическая реализация алгоритмов управления. Контроль, диагностика и испытания систем управления. Современные технологии интеллектуального управления. Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Основы автоматизированных систем управления. Базовые принципы управления движением. Математические модели и методы управления. Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства. Проектирование систем управления. Анализ характеристик и эффективности. Практическая реализация алгоритмов управления. Контроль, диагностика и испытания. Интеллектуальное управление. Комплексное применение систем управления.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основы автоматизированных систем управления двигателями. Базовые принципы управления движением. Математические модели и методы управления. Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства. Проектирование и анализ характеристик систем управления. Алгоритмы управления, их реализация, контроль, диагностика и испытания. Интеллектуальные технологии управления. Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций,

командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов	ПК-1	Контрольная работа
Базовые принципы управления движением космических аппаратов	ПК-1	Контрольная работа
Математические модели и методы управления	ПК-1	Контрольная работа
Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства	ПК-1	Контрольная работа
Проектирование автоматизированных систем управления двигателями	ПК-1	Контрольная работа
Анализ характеристик и эффективности систем управления	ПК-1	Контрольная работа
Практическая реализация алгоритмов управления	ПК-1	Контрольная работа
Контроль, диагностика и испытания систем управления	ПК-1	Контрольная работа
Современные технологии интеллектуального управления	ПК-1	Контрольная работа
Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов	ПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Тема: «Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов»

Вариант 1

Задание 1. Теоретический вопрос (3 балла)

Дайте развёрнутое определение автоматизированной системы управления (АСУ) двигателями космического аппарата. Перечислите основные функции АСУ и объясните, чем автоматизированная система отличается от автоматической.

Задание 2. Структурная схема АСУ (3 балла)

На рисунке (описание словесно) приведена структурная схема системы управления двигателем коррекции орбиты. Определите назначение каждого элемента: датчик углового положения, бортовой вычислитель, цифро-аналоговый преобразователь, электроклапан подачи рабочего тела, двигатель малой тяги, объект управления (космический аппарат). Изобразите упрощённую блок-схему и укажите стрелками направления информационных и управляющих сигналов.

Задание 3. Расчёт параметров регулятора (4 балла)

Для одномерной модели канала управления тягой двигателя передаточная функция объекта имеет вид:

$$W_{об}(s) = 1/s(s+2) \quad W_{об}(s) = s(s+2)/1$$

Требуется синтезировать ПИД-регулятор, обеспечивающий нулевую установившуюся ошибку при ступенчатом воздействии и время переходного процесса не более 5 с.

1. Выберите структуру регулятора и запишите его передаточную функцию в общем виде.
2. Определите параметры регулятора, используя приближённые формулы или метод Циглера-Николса (результаты округлите до сотых).
3. Оцените время регулирования и величину перерегулирования.

Задание 4. Выбор датчиков и исполнительных устройств (2 балла)

Для системы управления стабилизацией космического аппарата на геостационарной орбите необходимо выбрать:

- два типа датчиков углового положения (обоснуйте выбор);
- два типа исполнительных устройств (двигателей) для коррекции ориентации (укажите их основные характеристики).

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение автоматизированной системы управления (АСУ) двигателями космического аппарата. Перечислите основные функции и задачи АСУ.
2. Чем автоматизированная система управления отличается от автоматической? В каких режимах работают системы управления двигателями?
3. Опишите структуру типовой АСУ двигателем космического аппарата (датчики, контроллер, исполнительные устройства, объект управления).
4. Какие координатные системы используются при управлении движением космического аппарата? Для чего нужны инерциальная, связанная и орбитальная системы координат?

5. Запишите уравнения движения центра масс и вращательного движения (уравнения Эйлера) космического аппарата. Какие упрощения используются в задачах управления ориентацией?
6. В чем суть принципа реактивного управления? Как формируется управляющий импульс для коррекции орбиты и для изменения ориентации?
7. Что такое передаточная функция и переходная характеристика? Как они используются при анализе динамики двигателя?
8. Назовите основные методы анализа устойчивости линейных систем управления (критерии Рауса-Гурвица, Найквиста, Михайлова). Кратко поясните суть одного из них.
9. Какие типы регуляторов применяются в системах управления двигателями? Опишите структуру и назначение П-, ПИ-, ПИД-регуляторов.
10. Что такое пространство состояний? Запишите уравнения состояния для линейной стационарной системы.
11. Какие датчики используются для измерения углового положения и угловой скорости космического аппарата? Приведите примеры (гироскопы, звездные датчики, солнечные датчики, магнитометры).
12. Назовите основные типы исполнительных устройств в системах управления двигателями (электроракетные двигатели, двигатели малой тяги, электроклапаны). Каковы их основные характеристики?
13. Перечислите этапы проектирования АСУ двигателями космического аппарата. Какие ограничения учитываются при выборе архитектуры?
14. Как оценивается точность системы управления? Что такое установившаяся и динамическая ошибка?
15. Какие показатели характеризуют быстродействие и качество переходных процессов (время переходного процесса, перерегулирование, время нарастания)?
16. В чем заключается цифровая реализация аналоговых регуляторов? Что такое дискретизация и квантование?
17. Какие методы диагностики отказов датчиков и исполнительных устройств применяются в бортовых системах управления?
18. Что такое резервирование? Опишите горячее, холодное и мажоритарное резервирование.
19. Какие современные технологии интеллектуального управления используются в космических аппаратах (нейронные сети, нечёткая логика, генетические алгоритмы)?
20. Как интегрируется АСУ двигателями с другими подсистемами космического аппарата (энергоснабжение, тепловой контроль, связь)? Приведите пример комплексного применения.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивный	Изложение	удовлетв		55-70

творительный (достаточный)	ая деятельность	пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	орительный		
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Микрин, Е. А. Введение в механику полета и управление космическими аппаратами: учебник для вузов / Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023. — 566 с. — ISBN 978-5-7038-5659-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424653>

Дополнительная литература:

Теория автоматического управления: в 2 ч. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/167590#274>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.