

**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

«Космическое двигателестроение»

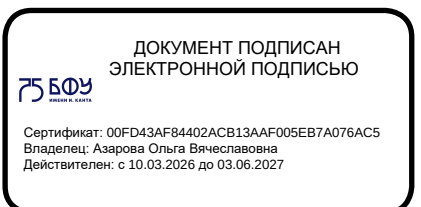
Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

**Направленность (профиль) образовательной программы:
Физика наукоемких технологий**

**Квалификация выпускника:
Физик-исследователь**

Калининград
2026



Лист согласования

Составители:

Хартов Сергей Антольевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры 208 МАИ (НИУ)

Родионов Владимир Владимирович, 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 «Теория двигателей космических аппаратов»
 - 4.2. Программа дисциплины «Специальные главы теории горения и взрыва»
 - 4.3. Программа дисциплины «Физика частично ионизованного газа»
 - 4.4. Программа дисциплины «Рабочие тела двигателей космических аппаратов»
 - 4.5. Программа дисциплины «Особенности испытаний двигателей космических аппаратов»
 - 4.6. Программа дисциплины «Особенности рабочего процесса в двигателях космических аппаратов»
 - 4.7. Программа дисциплины «Проектирование двигателей малой тяги»
 - 4.8. Программа дисциплины «Надежность и техническая диагностика двигателей космических аппаратов»
 - 4.9. Программа дисциплины «Баллистика миссий космических аппаратов»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Космическое двигателестроение»

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 фундаментальных физических процессов и математических методов, лежащих в основе работы двигателей космических аппаратов, для решения профессиональных задач в области ракетно-космической техники.
2. Формирование компетенций в области организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований рабочих процессов в двигательных установках с использованием специализированных физико-математических подходов.
3. Развитие способности прогнозировать применимость результатов научных исследований в области двигателестроения для решения прикладных задач с учётом комплексного подхода.
4. Приобретение навыков инициирования и управления проектами по созданию и совершенствованию двигательных установок космических аппаратов с учётом инновационных технологических и социально-экономических аспектов.
5. Формирование умений самостоятельного планирования, проведения и анализа результатов сложных физических экспериментов и компьютерного моделирования рабочих процессов двигателей с использованием современных методик и метрологических принципов.
6. Освоение подходов к проектированию элементов, узлов и систем двигателей космических аппаратов на основе фундаментальных законов физики и современных технологий.
7. Развитие способности интегрировать знания из различных областей естественных и точных наук для решения комплексных междисциплинарных задач в области космического двигателестроения.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной	Знать: фундаментальные физические законы и математические методы, необходимые для анализа и решения задач в области космического двигателестроения; современные подходы к проведению теоретических и экспериментальных исследований; а также источники

деятельности.	информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	и способы поиска специализированной информации. Уметь: применять физико-математический аппарат для решения научно-исследовательских и прикладных задач; проводить быстрый поиск, критический анализ и систематизацию научной информации; использовать современные методы моделирования и обработки данных для обоснования проектных решений. Владеть: навыками использования фундаментальных знаний физики и математики при решении профессиональных задач; методами проведения теоретических и экспериментальных исследований, включая интерпретацию результатов; способностью интегрировать информацию из различных областей для решения комплексных задач в области космического двигателестроения.
ОПК-2. Способен организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	Знать: фундаментальные физические закономерности и математические методы, лежащие в основе рабочих процессов двигательных установок; принципы организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований; подходы к прогнозированию применения знаний из области физики и математики для решения междисциплинарных задач. Уметь: использовать теоретические и экспериментальные физико-математические методы для решения научно-исследовательских задач в области двигателестроения; организовывать и проводить научные эксперименты, обрабатывать и интерпретировать полученные данные;

		прогнозировать возможности применения знаний и методов из смежных областей для решения комплексных задач. Владеть: навыками организации и проведения теоретических и экспериментальных научных исследований с применением специализированных фундаментальных знаний; методами интеграции физико-математических подходов для решения научных и прикладных задач; способностью прогнозировать и обосновывать выбор методов исследования при решении междисциплинарных задач.
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	Знать: современные методы анализа и прогнозирования применимости результатов научных исследований в области двигателестроения; подходы к комплексной оценке эффективности и перспективности разрабатываемых решений; принципы интеграции физико-математических знаний для решения прикладных задач. Уметь: проводить анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности; участвовать в профессиональных дискуссиях о передовых методах и технологиях в области космической техники; описывать и представлять результаты исследований с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности. Владеть: навыками прогнозирования применимости результатов научной и профессиональной деятельности в области двигательных установок космических аппаратов; методами комплексного анализа и оценки инновационного потенциала разрабатываемых решений; приёмами междисциплинарного

		описания результатов исследований для различных аудиторий.
ОПК-4. Способен инициировать проекты и управлять их реализацией в области своей профессиональной деятельности с учетом инновационного технологического и социально-экономического подходов.	ОПК-4.1. Использует знания теории проектной деятельности на практике для создания проектов и их реализации. ОПК-4.2. Прогнозирует результаты реализации проектов с учетом достижения инновационного технологического и социально-экономического показателей.	Знать: методологию и принципы проектной деятельности в области космического двигателестроения; подходы к инициации, планированию и управлению проектами по созданию и совершенствованию двигательных установок; методы прогнозирования инновационных технологических и социально-экономических результатов реализации проектов. Уметь: применять знания теории проектной деятельности на практике для инициации и реализации проектов в области космического двигателестроения; разрабатывать проектные решения с учётом технологических, экономических и социальных факторов; прогнозировать результаты реализации проектов, оценивая их инновационный потенциал и социально-экономическую эффективность. Владеть: навыками практического применения проектного менеджмента для реализации проектов в области космического двигателестроения; методами оценки инновационного потенциала и социально-экономической значимости проектов; приёмами управления ресурсами, рисками и сроками при реализации проектов.
ПК-1. Способен самостоятельно планировать, проводить и анализировать результаты сложного физического эксперимента или компьютерного моделирования в физики наукоемких индустрий, используя современные	ПК-1.1. Разрабатывает детальный план эксперимента или численного исследования, включая обоснование методов. ПК-1.2. Обрабатывает и интерпретирует экспериментальные данные (оптические, спектральные, диагностические) с применением методов математической статистики	Знать: современные методики планирования и проведения сложных физических экспериментов и компьютерного моделирования, метрологические принципы обеспечения достоверности результатов, а также методы статистической обработки данных и машинного обучения. Уметь: самостоятельно разрабатывать планы экспериментальных и численных

методики и учитывая метрологические принципы.	и алгоритмов машинного обучения.	исследований, обрабатывать и интерпретировать полученные данные с применением современных методов анализа, оценивать достоверность и воспроизводимость результатов. Владеть: навыками самостоятельного планирования, проведения и анализа сложных экспериментов и компьютерного моделирования, методами статистической обработки и интерпретации данных для обоснования научно-технических решений.
ПК-2. Способен проектировать элементы, устройства или процессы в области высокотехнологичных индустрий, применяя знания фундаментальных законов и современных технологий для решения инженерных или материаловедческих задач.	ПК-2.1. Выбирает и обосновывает материалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач. ПК-2.2. Рассчитывает и моделирует ключевые параметры устройств. ПК-2.3. Разрабатывает техническое задание или концепцию проекта, оценивая его реализуемость, риски и потенциальную коммерческую ценность. ПК-2.4. Анализирует вопросы надежности, диагностики и особенностей испытаний разрабатываемых систем.	Знать: фундаментальные физические законы и современные технологические подходы, лежащие в основе проектирования двигательных установок; свойства конструкционных материалов и методы их выбора; критерии оценки надёжности, диагностики и испытаний разрабатываемых систем. Уметь: обоснованно выбирать материалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач; выполнять расчёты и компьютерное моделирование параметров двигательных установок; разрабатывать проектную документацию с оценкой реализуемости, рисков и эффективности. Владеть: навыками проектирования элементов двигательных установок на основе фундаментальных законов физики; методами расчёта и моделирования характеристик; приёмами технико-экономического анализа, оценки надёжности и организации испытаний.
ПК-3. Способен интегрировать знания из различных областей естественных и точных наук для	ПК-3.1. Выявляет взаимосвязи между фундаментальными физико-химическими свойствами материалов (оптическими, электронными,	Знать: фундаментальные физико-химические закономерности, определяющие поведение материалов и рабочих сред в сложных системах; принципы и концепции из смежных

решения комплексных задач на стыке этих наук.	поверхностными) и их макроскопическим поведением в сложных системах. ПК-3.2. Применяет принципы и концепции из смежных дисциплин (квантовая механика, астрофизика, биология) для объяснения явлений и проектирования устройств в своей основной области. ПК-3.3. Синтезирует информацию из различных предметных областей для предложения инновационных подходов к созданию новых материалов, приборов или методов диагностики.	дисциплин; подходы к интеграции знаний из различных областей для разработки инновационных решений в области двигателестроения Уметь: выявлять взаимосвязи между свойствами материалов и их поведением в сложных системах; применять принципы смежных дисциплин для объяснения физических явлений и проектирования двигательных установок; синтезировать информацию из различных областей для предложения новых подходов к созданию материалов, систем и методов диагностики. Владеть: навыками интеграции знаний из физики, химии и других наук для решения комплексных задач; методами междисциплинарного анализа и синтеза при разработке новых технических решений; способностью предлагать инновационные подходы на основе обобщения информации из различных научных областей.
---	--	--

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: «Теория двигателей космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах, термодинамических и газодинамических основах работы двигателей космических аппаратов, а также практических навыков анализа и расчёта их рабочих процессов и характеристик, необходимых для решения научно-исследовательских и прикладных задач в области космического двигателестроения.

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 самостоятельно планировать, проводить и анализировать результаты сложного физического эксперимента или компьютерного моделирования в физики наукоемких индустрий, используя современные методики и учитывая метрологические принципы.	ПК-1.1. Разрабатывает детальный план эксперимента или численного исследования, включая обоснование методов. ПК-1.2. Обрабатывает и интерпретирует экспериментальные данные (оптические, спектральные, диагностические) с применением методов математической статистики и алгоритмов машинного обучения.	Знать: физические принципы и термодинамические закономерности работы двигательных установок космических аппаратов; современные методики планирования и проведения сложных физических экспериментов и компьютерного моделирования; метрологические принципы и методы обработки данных, включая алгоритмы машинного обучения. Уметь: самостоятельно разрабатывать детальные планы экспериментальных и численных исследований, обосновывать выбор методов; обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные с применением методов статистики и машинного обучения; оценивать достоверность и воспроизводимость результатов. Владеть: навыками самостоятельного планирования, проведения и анализа сложных экспериментов и компьютерного моделирования; методами статистической обработки и машинного анализа данных; приёмами интерпретации полученных результатов для обоснования научно-технических

		решений в области космического двигателестроения.
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория 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), 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	Выбор двигателей для космических полетов. Источники массы и энергии для получения тягового усилия.
2.	Тяговые системы на основе «тепловых машин»	Использование принципа "тепловой машины" для получения тягового усилия.
3.	Жидкостные ракетные двигатели	Схема ЖРД, основные характеристики и требования к топливам. Зажигание и горение топлива, программы регулирования двигателя. Особенности организации охлаждения ЖРД. Схемы двигательных установок с ЖРД и особенности их конструктивного выполнения.
4.	Твердотопливные ракетные двигатели	Схема РДТТ, ее преимущества и недостатки, топлива. Рабочие процессы РДТТ.
5.	Ядерные ракетные двигатели	Использование ядерных реакций для получения тягового усилия. Схемы ЯРД и особенности их применения.
6.	Электроракетные двигатели	Основы получения и ускорения плазмы. Классификация ЭРД, основные схемы, рабочие тела. Двигатели с тепловым механизмом ускорения рабочего

		тела. Плазменные двигатели. Двигатели с замкнутым дрейфом электронов. Ионные двигатели.
--	--	---

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: Выбор двигателей для космических полетов

Тема 2: Тяговые системы на основе «тепловых машин»

Вопросы для обсуждения: Использование принципа "тепловой машины" для получения тягового усилия

Тема 3: Жидкостные ракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Схема ЖРД, основные характеристики и требования к топливам. Зажигание и горение топлива, программы регулирования двигателя. Особенности организации охлаждения ЖРД. Схемы двигательных установок с ЖРД и особенности их конструктивного выполнения.

Тема 4: Твердотопливные ракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Схема РДТТ, ее преимущества и недостатки, топлива. Рабочие процессы РДТТ.

Тема 5: Ядерные ракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Использование ядерных реакций для получения тягового усилия. Схемы ЯРД и особенности их применения.

Тема 6: Электроракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Основы получения и ускорения плазмы. Классификация ЭРД, основные схемы, рабочие тела. Двигатели с тепловым механизмом ускорения рабочего тела. Плазменные двигатели. Двигатели с замкнутым дрейфом электронов. Ионные двигатели.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Тяговые системы на основе «тепловых машин»

Вопросы для обсуждения: Основные термодинамические процессы в ракетных двигателях с тепловым ускорением рабочего тела. Сопло Лавая. Термодинамический цикл теплового ракетного двигателя. Полезная работа цикла и коэффициент полезного действия. Характеристики тепловых двигателей. Тяга, удельная тяга и скорость истечения.

Тема 3: Жидкостные ракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Требования к компонентам топлив жидкостных ракетных двигателей. Процессы в камере сгорания. Основные параметры: температура и давление в камере, молярная масса продуктов сгорания. Их влияние на тягу и скорость истечения. Соотношение компонентов топлив. Влияние смесеобразования на интегральные параметры жидкостных ракетных двигателей. Способы регулирования величины и направления тяги в двигательных установках с жидкостными ракетными двигателями. Дроссельная и высотная характеристики. Методы охлаждения камеры сгорания и сопла жидкостных ракетных двигателей.

Тема 4: Твердотопливные ракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Классификация твердых топлив. Основные параметры:

температура горения, молярная масса продуктов сгорания. Особенности процесса горения твердых топлив. Зависимость скорости горения от внешнего давления и температуры. Влияние формы заряда на закон изменения тяги. Формы заряда. Способы изготовления зарядов и оболочек камер сгорания. Способы охлаждения сопла и защита камеры сгорания. Запуск твердотопливного ракетного двигателя. Способы зажигания. Условия устойчивого горения. Регулирование тяги двигательной установки с твердотопливным ракетным двигателем. Регулирование величины и направления тяги.

Тема 5: Ядерные ракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Ядерные реакции деления и классификация ядерных ракетных двигателей. Тепловой эффект ядерной реакции деления. Условия реализации стационарной самоподдерживающейся реакции деления. Понятие активной зоны. Фазовый состав активной зоны ядерного реактора. Классификация ядерных ракетных двигателей. Рабочие тела ядерных ракетных двигателей. Тепловыделяющие элементы. Ограничения по температуре рабочего тела. Ядерные ракетные двигатели с твердой активной зоной. Схема ядерного ракетного двигателя с твердой активной зоной с выбросом продуктов распада и без выброса. Ядерные ракетные двигатели с газофазной активной зоной. Схема ядерного ракетного двигателя с газофазной активной зоной. Схема с разделением ядерного топлива и рабочего тела прозрачной стенкой. Схема с удержанием активной зоны с помощью магнитного поля. Радиологические последствия работы ядерного ракетного двигателя с газофазной активной зоной.

Тема 6: Электроракетные двигатели

Вопросы для обсуждения: Особенности получения заряженных частиц. Плазма. Механизмы ускорения рабочего тела. Основные уравнения для определения интегральных параметров электроракетных двигателей. Схема электронагревного двигателя. Особенности процессов в электронагревном двигателе, рабочие тела. Объемная электромагнитная сила. Ускорение в собственных магнитных полях. Схема коаксиального плазменного ускорителя. Импульсные плазменные двигатели: схема, рабочие тела, интегральные параметры. Области применения плазменных двигателей. Основные процессы в двигателе с замкнутым дрейфом электронов. Способы формирования электрических полей в объеме плазмы. Катод-компенсатор: назначение и особенности его работы. Получение ионов. Схема стационарного плазменного двигателя. Основные интегральные параметры. Особенности разрушения конструкции и ресурс двигателя. Двигатель с анодным слоем, особенности рабочего процесса. Основные процессы в электростатическом ускорителе. Структура электростатического ускорителя: источник ионов, ускорительная система, нейтрализатор. Способы получения ионов. Схема плазменно-ионного двигателя. Основные интегральные параметры. Особенности обеспечения повышенного ресурса.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Методы охлаждения камеры сгорания и сопла ЖРД. Схема стационарного плазменного двигателя. Основные интегральные параметры. Радиологические последствия работы ЯРД с газофазной активной зоной.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Методы охлаждения камеры сгорания и сопла ЖРД. Схема стационарного плазменного двигателя. Основные интегральные параметры. Радиологические последствия работы ЯРД с газофазной активной зоной
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Методы охлаждения камеры сгорания и сопла ЖРД. Схема стационарного

плазменного двигателя. Основные интегральные параметры. Радиологические последствия работы ЯРД с газофазной активной зоной

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	Опрос
Тяговые системы на основе «тепловых машин»	ПК-1	Опрос
Жидкостные ракетные двигатели	ПК-1	Опрос
Твердотопливные ракетные двигатели	ПК-1	Опрос
Ядерные ракетные двигатели	ПК-1	Опрос

Электроракетные двигатели	ПК-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 тяговые системы и для чего они используются?
2. Какие виды тепловых машин используются в тяговых системах космических аппаратов?
3. В чём заключается принцип работы жидкостных ракетных двигателей?
4. Каковы основные преимущества и недостатки твердотопливных ракетных двигателей?
5. Как работает ядерный ракетный двигатель?
6. Какие существуют виды электроракетных двигателей и в чём их отличие друг от друга?
7. Какие параметры необходимо учитывать при проектировании тяговой системы космического аппарата?
8. Какие материалы используются при создании жидкостных ракетных двигателей?
9. Для каких целей используются твердотопливные ракетные двигатели?
10. В каких условиях наиболее эффективно применение ядерных ракетных двигателей?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Какие основные характеристики определяют эффективность тяговых систем космических аппаратов?
2. Как осуществляется управление тягой жидкостного ракетного двигателя?
3. Какие факторы влияют на выбор типа твёрдого топлива для твердотопливного ракетного двигателя?
4. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работе с ядерными ракетными двигателями?
5. Какие преимущества имеют электроракетные двигатели перед другими типами тяговых систем?
6. Как происходит процесс горения твёрдого топлива в твердотопливном ракетном двигателе?
7. Какие проблемы возникают при использовании ядерных ракетных двигателей в космических миссиях?
8. Какие типы электроракетных двигателей наиболее широко применяются в космической технике?
9. Какие методы используются для повышения эффективности жидкостных ракетных двигателей?
10. Какие перспективы развития тяговых систем на основе «тепловых машин» связаны с использованием новых материалов и технологий?

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:

1. Ладыгин, Е. А. Обеспечение надежности электронных компонентов космических аппаратов: учебное пособие / Е. А. Ладыгин. - Москва: ИД МИСиС, 2003. - 111 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223205>
2. Обуховский, А. Д. Теория авиационных двигателей: учебное пособие / А. Д. Обуховский, Ю. В. Телкова. - 2-е изд. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. - 138 с. - ISBN 978-5-7782-4232-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1866300>

Дополнительная литература:

1. Дорофеев, А. А. Ядерные ракетные двигатели и энергетические установки. Введение в теорию, расчет и проектирование: учебное пособие / А. А. Дорофеев; под ред. И. И. Федика. – 2-е изд. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. – 342, [2] с.: ил. – ISBN 978-5-7038-3727-6. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=431369>

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: «Специальные главы теории горения и взрыва».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о фундаментальных физико-химических закономерностях процессов горения и взрыва, а также практических навыков их анализа и моделирования для решения научно-исследовательских и прикладных 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
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: фундаментальные физические и химические закономерности процессов горения и взрыва, современные методы их математического моделирования и анализа, а также источники специализированной информации для решения профессиональных задач. Уметь: применять физико-математические методы для расчёта и анализа процессов горения и взрыва, проводить поиск и критическую оценку научной информации, использовать результаты моделирования для обоснования инженерных и научных решений. Владеть: навыками теоретического анализа, численного моделирования и интерпретации данных в области горения и взрыва, способностью интегрировать знания из различных областей физики и математики для решения комплексных задач.
ПК-1. Способен самостоятельно планировать, проводить и анализировать результаты сложного	ПК-1.1. Разрабатывает детальный план эксперимента или численного исследования, включая обоснование методов.	Знать: физико-химические закономерности процессов горения и взрыва, современные методы экспериментального и численного исследования быстропротекающих процессов, а также принципы

физического эксперимента или компьютерного моделирования в физики наукоемких индустрий, используя современные методики и учитывая метрологические принципы.	ПК-1.2. Обработывает и интерпретирует экспериментальные данные (оптические, спектральные, диагностические) с применением методов математической статистики и алгоритмов машинного обучения. ПК-1.3. Оформляет результаты исследования в виде научной статьи, отвечающей международным стандартам, и представлять их на английском языке.	обработки данных с использованием методов математической статистики и машинного обучения для решения научно-исследовательских задач. Уметь: самостоятельно разрабатывать планы экспериментальных и численных исследований, обосновывать выбор методов, обрабатывать и интерпретировать полученные данные, а также оформлять результаты в виде научных публикаций, соответствующих международным стандартам, и представлять их на английском языке. Владеть: навыками планирования и проведения сложных экспериментов и компьютерного моделирования, методами статистической обработки и машинного анализа экспериментальных данных, а также приемами подготовки научных статей и презентаций на английском языке для профессиональной аудитории.
---	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория 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), 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 горения и взрыва	Горение и взрыв как физические явления. Классификация взрывных процессов. Виды горения. Основные источники энергии взрыва. Общая характеристика горючих и взрывчатых систем.
2.	Химическая термодинамика горения и взрыва	Термодинамическая характеристика химических реакций. Тепловые эффекты реакций. Теоретический расчёт теплот реакций и теплот сгорания. Адиабатическая температура горения. Зависимость теплоты реакции от температуры. Изобарная и изохорная температура взрыва.
3.	Кинетика химических реакций в процессах горения	Кинетика химических реакций. Закон действующих масс. Константа скорости и её зависимость от температуры. Механизмы цепных реакций. Кинетика самоускоряющихся реакций. Скорости реакций горения и их тепловые эффекты.
4.	Физико-химические основы зажигания и воспламенения	Возникновение процессов горения. Теория теплового зажигания. Теория цепного воспламенения. Условия теплового и цепного самовоспламенения. Критические условия воспламенения. Пределы воспламенения горючих смесей.
5.	Распространение пламени и развитие горения	Развитие горения. Структура фронта пламени. Нормальная скорость распространения пламени. Ламинарное и турбулентное горение. Массоперенос и теплопередача в процессах горения. Стабилизация пламени. Прекращение горения.
6.	Теория взрыва и детонации	Теория взрыва. Ударные волны. Волны горения и детонации. Взрывчатые вещества: классификация, свойства. Термодинамика и кинетика взрыва в различных средах. Детонация и дефлаграция.

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: Структура и симметрия твердых тел

Вопросы для обсуждения: Кристаллическое состояние, дальний порядок, трансляционная симметрия, элементарная ячейка, элементы симметрии, сингонии, пространственные группы, обратная решетка, дифракционные методы, рентгенография, нейтронография, электронография, точечные дефекты, линейные дефекты, дислокации, поверхностные дефекты.

Тема 2: Химическая связь и классификация твердых тел

Вопросы для обсуждения: Ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь, водородная связь, зонная теория, металлы, полупроводники, диэлектрики, энергетические зоны, запрещенная зона, плотность состояний, низкоразмерные системы, квантовые ямы, квантовые нити, квантовые точки.

Тема 3: Электронные свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Теорема Блоха, блоховские волновые функции, метод почти свободных электронов, метод сильной связи, эффективная масса электронов, эффективная масса дырок, квазиимпульс, полуклассическое уравнение движения, примесные состояния, доноры, акцепторы, экситоны, поверхностные состояния, интерфейсные состояния.

Тема 4: Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства

Вопросы для обсуждения: Динамика решетки, фононы, акустические фононы, оптические фононы, теплопроводность, решеточная теплопроводность, электронная теплопроводность, ангармонизм, тепловое расширение.

Тема 5: Оптические свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие излучения с веществом, показатель преломления, коэффициент экстинкции, межзонные переходы, край фундаментального поглощения, люминесценция, фосфоресценция, плазмоны, нелинейно-оптические явления.

Тема 6: Дефекты и неупорядоченные системы

Вопросы для обсуждения: Вакансии, диффузия, аморфные материалы, стеклообразное состояние, ближний порядок, дальний порядок, методы исследования дефектов, электронная микроскопия, позитронная аннигиляция, рентгеновская дифракция.

Тема 7: Современные направления физики твердого тела

Вопросы для обсуждения: Топологические изоляторы, дираковские полуметаллы, вейлевские полуметаллы, высокотемпературная сверхпроводимость, спинтроника, магноника, двумерные материалы, нанофотоника, плазмоника.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Структура и симметрия твердых тел

Вопросы для обсуждения: Расчет параметров элементарной ячейки, индентификация дифракционных максимумов, определение сингонии, анализ уширения дифракционных пиков, определение размера кристаллитов, оценка микронапряжений.

Тема 2: Химическая связь и классификация твердых тел

Вопросы для обсуждения: Определение типа связи по физическим свойствам, построение схемы зонной структуры, расчет эффективной массы, анализ температурной зависимости проводимости, определение ширины запрещенной зоны.

Тема 3: Электронные свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Расчет концентрации носителей, построение диаграммы примесного полупроводника, решение уравнения Пуассона для p-n перехода, вычисление холловской постоянной, определение подвижности носителей.

Тема 4: Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства

Вопросы для обсуждения: Расчет фононного спектра одномерной цепочки, определение температуры Дебая, построение зависимости теплоемкости от температуры, расчет теплопроводности по экспериментальным данным.

Тема 5: Оптические свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Расчет коэффициента поглощения, определение ширины запрещенной зоны по спектру поглощения, идентификация экситонных пиков, обработка спектров фотолюминесценции, анализ дисперсии показателя преломления.

Тема 6: Дефекты и неупорядоченные системы

Вопросы для обсуждения: Оценка концентрации вакансий, расчет энергии образования дефектов, анализ профиля дифракционного пика, определение размера областей

когерентного рассеяния.

Тема 7: Современные направления физики твердого тела

Вопросы для обсуждения: Оценка концентрации вакансий, расчет энергии образования дефектов, анализ профиля дифракционного пика, определение размера областей когерентного рассеяния, интерпретация данных позитронной аннигиляции.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Структура и симметрия твердых тел. Химическая связь и классификация твердых тел. Электронные свойства твердых тел. Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства. Оптические свойства твердых тел. Дефекты и неупорядоченные системы. Современные направления физики твердого тела.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчет параметров элементарной ячейки и индифференцирование дифракционных максимумов. Определение типа химической связи и построение зонной структуры. Расчет концентрации носителей и холловской постоянной. Определение ширины запрещенной зоны по спектрам поглощения. Оценка концентрации дефектов и анализ профиля дифракционных пиков. Моделирование зонной структуры двумерных материалов.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура и симметрия кристаллов, дифракционные методы. Типы химической связи и зонная классификация твердых тел. Электронные свойства. Колебания решетки. Оптические свойства. Дефекты и аморфное состояние. Современные направления.

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 физику горения и взрыва	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Химическая термодинамика горения и взрыва	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Кинетика химических реакций в процессах горения	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Физико-химические основы зажигания и воспламенения	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Распространение пламени и развитие горения	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Теория взрыва и детонации	ОПК-1, 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 физику горения и взрыва»

1. Что такое горение?

- а) Быстрое окисление вещества с выделением тепла и света
- б) Любая химическая реакция с выделением тепла
- в) Физический процесс испарения
- г) Ядерная реакция деления

2. Какой тип горения характеризуется тем, что скорость реакции определяется скоростью смешения компонентов?

- а) Кинетическое горение
- б) Диффузионное горение
- в) Гомогенное горение
- г) Взрывное горение

3. Что такое адиабатическая температура горения?

- а) Температура, достигаемая в условиях отсутствия теплообмена с окружающей средой
- б) Температура, при которой начинается горение
- в) Температура пламени при максимальной скорости реакции
- г) Температура, при которой происходит взрыв

4. Какое уравнение описывает зависимость константы скорости реакции от температуры?

- а) Уравнение Клапейрона-Клаузиуса

- б) Уравнение Аррениуса
 - в) Уравнение Ван-дер-Ваальса
 - г) Уравнение Шрёдингера
5. **Что такое тепловой взрыв согласно теории Семёнова?**
- а) Взрыв, вызванный резким повышением давления
 - б) Взрыв, происходящий при превышении скорости тепловыделения над скоростью теплоотвода
 - в) Взрыв, вызванный ударной волной
 - г) Взрыв, происходящий при смешении двух компонентов
6. **Какой тип воспламенения связан с ускорением реакции за счёт накопления активных частиц?**
- а) Тепловое воспламенение
 - б) Цепное воспламенение
 - в) Диффузионное воспламенение
 - г) Гетерогенное воспламенение
7. **Что такое нормальная скорость распространения пламени?**
- а) Скорость движения пламени относительно несгоревшей смеси в направлении, перпендикулярном фронту
 - б) Максимальная скорость пламени при взрыве
 - в) Скорость пламени в турбулентном потоке
 - г) Скорость распространения ударной волны
8. **Какое явление характеризуется сверхзвуковым распространением реакции?**
- а) Дефлаграция
 - б) Детонация
 - в) Тление
 - г) Вспышка
9. **Что такое ударная волна?**
- а) Волна, в которой происходит скачкообразное изменение давления, плотности и температуры
 - б) Волна, распространяющаяся со скоростью звука
 - в) Волна, возникающая при горении в замкнутом объёме
 - г) Волна, не изменяющая параметры среды
10. **Какой закон термодинамики используется для описания ударных волн (уравнение Гюгонио)?**
- а) Первое начало термодинамики
 - б) Второе начало термодинамики
 - в) Третье начало термодинамики
 - г) Закон сохранения импульса
11. **Что такое дефлаграция?**
- а) Сверхзвуковое горение
 - б) Дозвуковое горение с распространением пламени за счёт теплопроводности и диффузии
 - в) Горение без пламени
 - г) Взрывное горение
12. **Какие условия необходимы для возникновения детонации?**
- а) Наличие инициатора и горючей смеси
 - б) Высокая температура и давление
 - в) Наличие ударной волны, инициирующей химическую реакцию
 - г) Только наличие окислителя
13. **Что такое нижний концентрационный предел воспламенения?**
- а) Минимальная концентрация горючего в смеси, при которой возможно воспламенение
 - б) Максимальная концентрация горючего, при которой горение невозможно

- в) Концентрация, при которой скорость горения максимальна
 - г) Концентрация, при которой температура пламени минимальна
14. **Какой вид горения характерен для жидких и твёрдых веществ?**
- а) Гомогенное горение
 - б) Гетерогенное горение
 - в) Диффузионное горение
 - г) Кинетическое горение
15. **Что такое энергия активации химической реакции?**
- а) Минимальная энергия, необходимая для начала реакции
 - б) Полная энергия, выделяющаяся при реакции
 - в) Энергия, затрачиваемая на разрыв всех связей
 - г) Энергия, выделяющаяся при образовании продуктов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение горения. Какие виды горения вы знаете (гомогенное, гетерогенное, диффузионное, кинетическое)? Приведите примеры.
2. Что такое адиабатическая температура горения? От каких параметров она зависит?
3. Сформулируйте закон действующих масс и уравнение Аррениуса. Как они применяются для описания скорости химических реакций в процессах горения?
4. Что такое тепловой взрыв? Объясните теорию теплового зажигания Семёнова и условия его возникновения.
5. Объясните механизм цепного воспламенения. В чём отличие цепного воспламенения от теплового?
6. Что такое нормальная скорость распространения пламени? Как она зависит от состава смеси, температуры и давления?
7. Каковы основные различия между ламинарным и турбулентным горением? Как турбулентность влияет на скорость распространения пламени?
8. Что такое детонация и чем она отличается от дефлаграции? Опишите структуру детонационной волны.
9. Какие параметры характеризуют ударную волну? Запишите и поясните уравнения Гюгонио.
10. Что такое энергия активации и как она влияет на скорость горения? Приведите примеры реакций с высокой и низкой энергией активации.
11. Объясните понятия «нижний» и «верхний» концентрационные пределы воспламенения. Какие факторы влияют на эти пределы?
12. Каковы основные механизмы теплопередачи и массопереноса в процессах горения?
13. Как температура и давление влияют на скорость распространения пламени?

14. Что такое критический диаметр гашения пламени и как он связан с условиями распространения пламени?
15. Опишите структуру фронта пламени. Какие зоны выделяют во фронте пламени?
16. Что такое взрывчатые вещества (ВВ)? Приведите их классификацию и основные свойства.
17. Какие методы экспериментального исследования быстропротекающих процессов (горения и взрыва) используются в современной физике?
18. Какое различие между детонацией и горением? Почему детонация способна распространяться со сверхзвуковой скоростью?
19. Каковы условия возникновения детонации? Как можно инициировать детонацию в газовой смеси?
20. Как результаты изучения процессов горения и взрыва применяются в ракетном двигателестроении и энергетических установках?

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			
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. Адамян, В. Л. Теория горения и взрыва: учебное пособие для вузов / В. Л. Адамян. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 116 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-507-50606-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/449900#2>

Дополнительная литература:

1. Лопанов, А. Н. Физико-химические основы теории горения и взрыва: учебное пособие / А. Н. Лопанов. — [Б. м.]: [б. и.], [б. г.]. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/read?id=452864>

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.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Физика частично ионизованного газа».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических процессах в частично ионизованной плазме, включая кинетические, гидродинамические и волновые явления, поведение в электрических и магнитных полях, а также практических навыков применения плазменных моделей для решения научно-исследовательских и прикладных 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
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: фундаментальные физические закономерности и математические методы, описывающие свойства и поведение частично ионизованной плазмы, включая кинетические и гидродинамические подходы. Уметь: применять физико-математический аппарат для анализа плазменных процессов при решении научно-исследовательских и прикладных задач; проводить быстрый поиск и критический отбор специализированной информации из области физики плазмы. Владеть: навыками использования теоретических моделей плазмы для анализа и прогнозирования поведения плазменных систем; методами интерпретации экспериментальных данных и применения результатов для решения профессиональных задач в области физики наукоёмких технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика частично ионизованного газа» 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.	Основные понятия и свойства плазмы	Образование плазмы, ее основные свойства. Дебаевский радиус, дебаевский слой. Идеальность плазмы. Элементарные процессы в плазме. Упругие соударения. Неупругие процессы. Равновесия в плазме. Неравновесность плазменных систем. Процессы релаксации в плазме. Процессы переноса в плазме. Диэлектрическая проницаемость плазмы.
2.	Основные понятия физики низкотемпературной плазмы	Понятия физика газового разряда и физика плазмы. Функции распределения частиц по скорости относительного движения в атомных (молекулярных пучках). Кинетическое уравнение для электронов в неравновесной идеальной плазме. Гидродинамическая модель двух жидкостей. Идеальная плазма.
3.	Колебания и волны в плазме	Распространение электромагнитных волн в плазме. Неустойчивости плазмы. Плазменные структуры. Страты. Домены. Солитоны.
4.	Плазма в магнитном поле	Одночастичное рассмотрение. Движение в постоянном и однородном магнитном поле. Движение в сильном медленно меняющемся поле. Дрейфовое приближение. Движение частицы в однородном магнитном поле под действием постоянной силы. Дрейф заряженных частиц вдоль плоскости скачка магнитного поля. Важнейшие типы дрейфовых движений частиц в

		плазме.
5.	Магнитогидродинамический метод описания плазмы	Идеальная одножидкостная гидродинамика плазмы. Условия применимости. Основные уравнения. Магнитное давление. Равновесие плазмы в магнитной гидродинамике. Быстрые процессы. Взаимное проникновение плазмы и магнитного поля.
6.	Колебания и волны в плазме. неустойчивости плазмы	Дисперсионные уравнения для продольных и поперечных волн малой амплитуды. Метод малых колебаний. Диэлектрическая проницаемость незамагниченной плазмы. Поперечные электромагнитные волны в незамагниченной плазме. Явление отсечки низкочастотной поперечной волны. Ленгмюровские колебания и волны в плазме. Плазмоны. Ионные ленгмюровские волны. Ионно-звуковые волны в плазме. Бесстолкновительное затухание волн в плазме. Диэлектрические свойства магнитоактивной плазмы. Волны в магнитоактивной плазме. Неустойчивости плазмы. Кинетические неустойчивости плазмы.

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 свойства плазмы

Вопросы для обсуждения: Определение плазмы, квазинейтральность. Дебаевский радиус и дебаевский слой. Плазменная частота. Критерий идеальности плазмы. Основные элементарные процессы: ионизация, рекомбинация, возбуждение. Равновесная и неравновесная плазма.

Тема 2: Основные понятия физики низкотемпературной плазмы

Вопросы для обсуждения: Функции распределения частиц по скоростям. Кинетическое уравнение для электронов в неравновесной плазме. Гидродинамическая модель двух жидкостей (электроны и ионы).

Тема 3: Колебания и волны в плазме

Вопросы для обсуждения: Ленгмюровские колебания электронов. Ионно-звуковые волны. Дисперсионные уравнения для продольных и поперечных волн. Распространение электромагнитных волн в плазме. Явление отсечки волн.

Тема 4: Плазма в магнитном поле

Вопросы для обсуждения: Ларморовское вращение заряженных частиц. Циклотронная частота и радиус Лармора. Дрейфовые движения.

Тема 5: Магнитогидродинамический метод описания плазмы

Вопросы для обсуждения: Уравнения идеальной одножидкостной МГД. Магнитное давление и натяжение. Равновесие плазмы в магнитном поле.

Тема 6: Колебания и волны в плазме. неустойчивости плазмы

Вопросы для обсуждения: Неустойчивости плазмы. Дисперсионные соотношения для волн в магнитоактивной плазме. Кинетические и гидродинамические неустойчивости плазмы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия и свойства плазмы

Вопросы для обсуждения: Расчёт дебаевского радиуса и числа частиц в сфере Дебая. Определение плазменной частоты по концентрации электронов.

Тема 2: Основные понятия физики низкотемпературной плазмы

Вопросы для обсуждения: Построение функции распределения электронов по скоростям. Решение простейшего кинетического уравнения в приближении времени релаксации. Расчёт коэффициентов диффузии и подвижности.

Тема 3: Колебания и волны в плазме

Вопросы для обсуждения: Вывод дисперсионного соотношения для ленгмюровских волн. Определение критической плотности для отсечки электромагнитной волны.

Тема 4: Плазма в магнитном поле

Вопросы для обсуждения: Расчёт ларморовского радиуса для электронов и ионов.

Тема 5: Магнитогидродинамический метод описания плазмы

Вопросы для обсуждения: Расчёт альфвеновской скорости. Анализ условий применимости МГД-приближения. Решение задач на равновесие плазмы в магнитном поле.

Тема 6: Колебания и волны в плазме. неустойчивости плазмы

Вопросы для обсуждения: Неустойчивости плазмы. Расчёт дисперсионного соотношения для ионно-звуковых волн.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основные понятия и свойства плазмы. Основные понятия физики низкотемпературной плазмы. Колебания и волны в плазме. Плазма в магнитном поле. Магнитогидродинамический метод описания плазмы. Колебания и волны в плазме. Неустойчивости плазмы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт дебаевского радиуса и плазменной частоты. Оценка степени ионизации по уравнению Саха. Построение функции распределения электронов по скоростям. Решение кинетического уравнения в приближении времени релаксации. Расчёт коэффициентов диффузии и подвижности. Вывод дисперсионного соотношения для ленгмюровских волн. Определение критической плотности для отсечки волны.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Дебаевский радиус, идеальность плазмы, элементарные процессы. Функции распределения, кинетическое уравнение, гидродинамическая модель. Ленгмюровские колебания, ионно-звуковые волны, дисперсионные уравнения, отсечка волн. Движение частиц в магнитном поле, дрейфы, адиабатические инварианты.

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 свойства плазмы	ОПК-1	Задачи
Основные понятия физики низкотемпературной плазмы	ОПК-1	Опрос
Колебания и волны в плазме	ОПК-1	Опрос
Плазма в магнитном поле	ОПК-1	Опрос
Магнитогидродинамический метод описания плазмы	ОПК-1	Опрос
Колебания и волны в плазме. неустойчивости плазмы	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 задачи:

Какая энергия выделится при сгорании 1 г ядерного горючего в следующих реакциях: а) dt ; б) dd ; в) $Li6(d,\alpha)He4$? Сравнить полученные результаты с энергией, выделившейся при сгорании 1 г урана.

2. Пусть плазма имеет вид плоскопараллельного слоя и под действием некоторой причины произошло смещение всех электронов на некоторую величину x относительно ионов в направлении, перпендикулярном к поверхности слоя. Найти с помощью этой модели частоту возникающих электронных колебаний.

3. Получить теоретические и расчетные формулы для определения средней $\bar{v}$ и максимальной $\max v$ скоростей частиц в плазме. Рассчитать $\bar{v}$, $\max v$ для температур $T \sim 1-10 \text{ кэВ}$ (трехмерный случай).
4. Получить теоретические и расчетные формулы для определения средней $\bar{\epsilon}$ и максимальной $\max \epsilon$ энергий частиц в плазме (трехмерный случай), для температур $T \sim 1-10 \text{ кэВ}$ (трехмерный случай).
5. Водородная плазма с концентрацией ядер $n=10^{15} \text{ см}^{-3}$ находится при температуре 1 кэВ . Оценить минимальный угол $\theta_{\min}$, под которым рассеиваются электроны с наиболее вероятной скоростью на ядрах, а также значение кулоновского логарифма $(2/\ln \Lambda)$. Считая, кулоновское поле ядер простирается до дебаевского радиуса и затем резко обрывается.

Типовые вопросы для опроса:

1. Что такое плазма?
2. Какие свойства у плазмы?
3. Что такое низкотемпературная плазма?
4. Как происходит образование низкотемпературной плазмы?
5. Как можно контролировать низкотемпературную плазму?
6. Какие применения имеет низкотемпературная плазма?
7. Какие методы исследования используют для изучения низкотемпературной плазмы?
8. Какие виды колебаний существуют в плазме?
9. Как волновые процессы могут влиять на низкотемпературную плазму?
10. Какие типы волн существуют в плазме?
11. Какие физические явления в плазме могут быть связаны с колебаниями и волнами?
12. Как влияют колебания и волны на процессы переноса в низкотемпературной плазме?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Как магнитное поле влияет на низкотемпературную плазму?
2. Как возникают магнитные явления в плазме?
3. Какие основные законы описывают взаимодействие плазмы с магнитным полем?
4. Как магнитное поле влияет на структуру плазмы?
5. Как возникают магнитно-гидродинамические явления в плазме?
6. Какие основные принципы лежат в основе магнитогидродинамического метода описания плазмы?
7. Какие уравнения используют в магнитогидродинамическом описании плазмы?
8. Что такое неустойчивости плазмы?
9. Какие виды колебаний могут привести к неустойчивостям в плазме?
10. Как проявляются неустойчивости в поведении плазмы?
11. Какие методы используют для исследования неустойчивостей плазмы?
12. Какие примеры неустойчивостей плазмы можно найти в природе?
13. Как возникают волны в неустойчивой плазме?

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 зачтено	Менее 55

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

Основная литература:

1. Гришин, Ю. М. Расчет и исследование термодинамических свойств атомарной плазмы: учебно-методическое пособие / Ю. М. Гришин, С. В. Рыжков. - 2-е изд. - Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2019. - 48 с. - ISBN 978-5-7038-5087-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2082020>
2. Брушлинский, К. В. Математические основы вычислительной механики жидкости, газа и плазмы: Учебное пособие / Брушлинский К.В. - Долгопрудный:Интеллект, 2017. - 272 с. ISBN 978-5-91559-224-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/858951>

Дополнительная литература:

1. Ключарев А. Н., Мишаков В. Г., Тимофеев Н. А. Введение в физику низкотемпературной плазмы. – Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2009.

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: «Рабочие тела двигателей космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-химических свойствах и поведении рабочих тел в условиях космических двигательных и энергетических установок, а также практических навыков их обоснованного выбора, расчёта характеристик и оптимизации для обеспечения эффективной и надёжной работы двигателей космических аппаратов.

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 из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: физико-химические и теплофизические свойства рабочих тел, используемых в космических двигателях и энергетических установках, методы их расчёта и анализа, а также критерии выбора и оптимизации с учётом условий хранения, заправки и эксплуатации. Уметь: применять физико-математические методы для анализа свойств рабочих тел и их влияния на рабочие процессы двигательных установок, проводить расчёты теплофизических и переносных параметров, осуществлять быстрый поиск и критический анализ специализированной информации для обоснования инженерных решений. Владеть: навыками использования расчётных методик для определения характеристик рабочих тел, методами их многопараметрической оптимизации по критериям эффективности и надёжности, а также приёмами работы с научно-технической литературой и справочными данными в области физики и теплофизики.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Рабочие тела 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), 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 применения рабочих тел в космических энергосиловых установках	Структурная схема космической энергосиловой установки. Рабочие тела и их функции. Условия хранения и эксплуатации рабочих тел ЭРД. Особенности заправки рабочих тел в различных агрегатных состояниях. Требования к теплоносителям и энергоносителям.
2	Химические и теплофизические свойства рабочих тел	Химические свойства рабочих тел ЭРД. Энергия ионизации и диссоциации. Особенности структуры рабочих тел в жидком и твердом состоянии. Основы зонной теории твердых тел. Расчет теплоемкости, теплопроводности и плотности от температуры. Фазовые переходы: кипение, плавление, сублимация.
3	Плазменное состояние рабочих тел	Особенности плазменного состояния. Ударная и радиационная ионизация и рекомбинация. Расчет состава равновесной плазмы аргона. Усредненные сечения взаимодействия. Сечения ударной ионизации и фотоионизации. Степень ионизации плазмы.
4	Переносные и термодинамические	Расчет теплопроводности, вязкости и электропроводности плазмы. Упрощенные методы

	свойства плазмы	расчета теплопроводности и электропроводности аргоновой плазмы. Расчет теплоемкости, внутренней энергии и энтальпии плазмы аргона.
5	Эксплуатационные особенности рабочих тел в энергетических установках	Жидкие и газообразные рабочие тела. Переносные свойства жидкометаллических и жидких рабочих тел. Электропроводность жидких металлов и электролитов. Расчет свойств с использованием теории термодинамического подобия. Эксплуатационные особенности щелочных металлов, инертных газов, водорода.
6	Выбор и оптимизация рабочего тела	Критерии выбора рабочего тела КЭСУ. Выбор энергоносителя для химических источников тока. Многопараметрическая оптимизация по массе КЭСУ и массе полезной нагрузки.

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 применения рабочих тел в космических энергосиловых установках

Вопросы для обсуждения: Структурная схема космической энергосиловой установки. Рабочие тела космической энергосиловой установки и их функции. Условия хранения и эксплуатации рабочих тел электроракетных двигателей. Особенности заправки рабочих тел в различных агрегатных состояниях. Требования к теплоносителям и энергоносителям космической энергетической установки. Выбор энергоносителя для химических источников тока.

Тема 2: Химические и теплофизические свойства рабочих тел

Вопросы для обсуждения: Химические свойства рабочих тел электроракетных двигателей. Энергия ионизации и диссоциации рабочих тел. Фазовые переходы рабочих тел в космической энергосиловой установке. Процессы кипения, плавления и сублимации. Особенности структуры рабочих тел электроракетных двигателей в жидком и твердом состоянии. Основы зонной теории твердых тел. Расчет теплоемкости, теплопроводности и плотности рабочих тел от температуры.

Тема 3: Плазменное состояние рабочих тел

Вопросы для обсуждения: Особенности плазменного состояния рабочих тел электроракетных двигателей. Ударная и радиационная ионизация и рекомбинация. Расчет состава равновесной плазмы аргона. Усредненные сечения взаимодействия. Сечения ударной и фотоионизации. Степень ионизации плазмы.

Тема 4: Переносные и термодинамические свойства плазмы

Вопросы для обсуждения: Особенности расчета переносных свойств плазмы (теплопроводности, вязкости и электропроводности). Расчет теплопроводности аргоновой плазмы упрощенным методом. Расчет электропроводности плазмы аргона упрощенным методом. Расчет теплоемкости, внутренней энергии и энтальпии плазмы аргона с учетом химических реакций.

Тема 5: Эксплуатационные особенности рабочих тел в энергетических установках

Вопросы для обсуждения: Особенности применения жидких и газообразных рабочих тел в энергетических установках. Фазовые переходы рабочих тел в энергетических установках.

Переносные свойства жидкометаллических и жидких рабочих тел. Электропроводность жидких металлов и электролитов. Расчет свойств рабочих тел с использованием теории термодинамического подобия. Эксплуатационные особенности рабочих тел (щелочные металлы, инертные газы, водород).

Тема 6: Выбор и оптимизация рабочего тела

Вопросы для обсуждения: Критерии выбора рабочего тела космической энергосиловой установки. Многопараметрическая оптимизация по массе космической энергосиловой установки и массе полезной нагрузки.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы применения рабочих тел в космических энергосиловых установках

Вопросы для обсуждения: Структурная схема космической энергосиловой установки. Рабочие тела космической энергосиловой установки и их функции.

Тема 2: Химические и теплофизические свойства рабочих тел

Вопросы для обсуждения: Расчет теплоемкости, теплопроводности и плотности рабочих тел от температуры.

Тема 3: Плазменное состояние рабочих тел

Вопросы для обсуждения: Особенности плазменного состояния рабочих тел ЭРД. Ударная и радиационная ионизация и рекомбинация. Расчет состава равновесной плазмы аргона.

Тема 4: Переносные и термодинамические свойства плазмы

Вопросы для обсуждения: Расчет теплопроводности аргоновой плазмы упрощенным методом. Расчет электропроводности плазмы аргона упрощенным методом. Расчет теплоемкости, внутренней энергии и энтальпии плазмы аргона.

Тема 5: Эксплуатационные особенности рабочих тел в энергетических установках

Вопросы для обсуждения: Расчет свойств рабочих тел ЭУ с использованием теории термодинамического подобия.

Тема 6: Выбор и оптимизация рабочего тела

Вопросы для обсуждения: Критерии выбора рабочего тела космической энергосиловой установки.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Требования к энергоносителям КЭУ и выбор энергоносителей. Особенности выбора энергоносителей для химических источников тока. Критерии оптимизации выбора рабочего тела для КЭСУ. Многопараметрическая оптимизация по массе КЭСУ и массе полезной нагрузки.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Требования к энергоносителям КЭУ и выбор энергоносителей. Особенности выбора энергоносителей для химических источников тока. Критерии оптимизации выбора рабочего тела для КЭСУ. Многопараметрическая оптимизация по массе КЭСУ и массе полезной нагрузки.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Требования к энергоносителям КЭУ и выбор энергоносителей. Особенности выбора энергоносителей для химических источников тока. Критерии оптимизации выбора рабочего тела для КЭСУ. Многопараметрическая оптимизация по массе КЭСУ и массе полезной нагрузки.

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 применения рабочих тел в космических энергосиловых установках	ОПК-1	Опрос
Химические и теплофизические свойства рабочих тел	ОПК-1	Опрос
Плазменное состояние рабочих тел	ОПК-1	Опрос
Переносные и термодинамические свойства плазмы	ОПК-1	Опрос
Эксплуатационные особенности рабочих тел в энергетических установках	ОПК-1	Опрос
Выбор и оптимизация рабочего тела	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:

Какие основные требования предъявляются к рабочим телам космической энергосиловой установки (КЭСУ)?

2. Каковы условия хранения и эксплуатации рабочих тел электроракетных двигателей (ЭРД)? Какие меры предосторожности необходимо соблюдать?

3. Какие химические свойства рабочих тел ЭРД являются наиболее важными для их эффективной работы?

4. Какие фазовые переходы могут происходить с рабочими телами в КЭСУ, и как они влияют на работу системы?

5. В чём заключаются особенности структуры рабочих тел ЭРД в жидком и твёрдом состоянии, и какие преимущества это даёт для использования в космических энергосиловых установках?

6. Какие физические свойства рабочих тел ЭРД в различных агрегатных состояниях наиболее важны для их эффективной работы?

7. Как изменяются физические свойства рабочего тела при переходе из одного агрегатного состояния в другое?

8. Каковы особенности плазменного состояния рабочих тел ЭРД, и как они влияют на работу системы?

9. Что такое плазма, и какие условия необходимы для её создания?

10. Какие частицы присутствуют в плазме, и каким образом они взаимодействуют друг с другом?

11. Какие процессы происходят в плазме при взаимодействии частиц?

12. Как рассчитать переносные свойства плазмы, такие как проводимость, теплопроводность и вязкость?

13. Какие факторы влияют на перенос заряженных частиц в плазме?

14. Как влияет температура плазмы на её переносные свойства?

15. Какие методы используются для измерения переносных свойств плазмы?

16. В чём заключается особенность расчёта переносных свойств плазмы в условиях космического пространства?

17. Какие проблемы возникают при расчёте переносных свойств плазмы и как их можно решить?

18. Какие преимущества даёт использование плазмы в качестве рабочего тела ЭРД?

19. Какие ограничения существуют при использовании плазмы в космических энергосиловых установках?

20. Каковы перспективы развития плазменных технологий в космической энергетике?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Какие особенности применения рабочих тел в энергетических установках (ЭУ) существуют и как они влияют на работу системы?

2. Каковы переносные свойства жидкометаллических и жидких рабочих тел в ЭУ, и какие преимущества это даёт для использования в космических энергосиловых установках?

3. Что такое теория термодинамического подобия рабочих тел, и как она применяется при проектировании ЭУ?

4. Какие эксплуатационные особенности рабочих тел ЭУ необходимо учитывать при их использовании?

5. Как влияет температура рабочего тела на его переносные свойства в ЭУ?

6. Какие факторы могут привести к изменению свойств рабочих тел в процессе эксплуатации ЭУ?

7. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при работе с рабочими

- талами в ЭУ для обеспечения безопасности и эффективности работы системы?
8. В чём заключаются особенности расчёта переносных свойств рабочих тел в условиях космического пространства?
 9. Какие проблемы возникают при расчёте переносных свойств рабочих тел и как их можно решить?
 10. Каковы перспективы развития технологий использования рабочих тел в космических энергетических установках?
 11. Какие основные требования предъявляются к теплоносителям и энергоносителям космической энергетической установки?
 12. Каковы критерии выбора оптимального теплоносителя для космической энергетической установки, учитывая его физические свойства и характеристики?
 13. Как оптимизировать выбор рабочего тела КЭСУ с учётом его термодинамических свойств и эффективности работы в различных условиях эксплуатации?
 14. Какие факторы следует учитывать при выборе рабочего тела для космической энергетической установки с целью обеспечения её надёжности и безопасности?
 15. Какие методы оптимизации выбора рабочего тела КЭСУ существуют и какие из них наиболее эффективны?
 16. В чём заключаются особенности оптимизации выбора рабочего тела для космических энергетических установок, работающих в экстремальных 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	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. Клещин, Э. В. Рабочие процессы, конструкция и основы расчета двигателей внутреннего сгорания/Клещин Э.В., Гилета В.П. - Новосибирск: НГТУ, 2009. - 256 с.: ISBN 978-5-7782-1335-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/549067>

Дополнительная литература:

1. Бургасов М.П., Ключкова Л.Л., Рыбаков В.В. Методические указания к решению задач для практических занятий по электрофизическому циклу. - М.: МАИ, 1986

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 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: «Особенности испытаний двигателей космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области организации и проведения испытаний двигателей космических аппаратов, включая изучение методов и оборудования для огневых и холодных испытаний, способов диагностики и контроля состояния двигателей различных типов, а также освоение подходов к обработке и интерпретации результатов испытаний для обеспечения надёжности и эффективности двигательных установок 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
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	Знать: физические принципы работы двигательных установок, методы и оборудование для проведения испытаний, современные способы диагностики состояния двигателей и критерии оценки результатов испытаний. Уметь: анализировать результаты испытаний, прогнозировать применимость полученных данных для оценки надёжности и ресурса двигателей, участвовать в профессиональных дискуссиях о передовых методах диагностики и испытаний. Владеть: навыками интерпретации экспериментальных данных с использованием физико-математических подходов, методами комплексного анализа результатов испытаний для обоснования инженерных решений, способностью описывать результаты профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки.

ПК-2. Способен проектировать элементы, устройства или процессы в области высокотехнологичных индустрий, применяя знания фундаментальных законов и современных технологий для решения инженерных или материаловедческих задач.	ПК-2.1. Выбирает и обосновывает материалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач. ПК-2.2. Рассчитывает и моделирует ключевые параметры устройств. ПК-2.3. Разрабатывает техническое задание или концепцию проекта, оценивая его реализуемость, риски и потенциальную коммерческую ценность. ПК-2.4. Анализирует вопросы надежности, диагностики и особенностей испытаний разрабатываемых систем.	Знать: физические принципы работы и термодинамические закономерности функционирования двигательных установок различных типов, методы и оборудование для проведения испытаний, современные способы диагностики состояния двигателей, а также требования к выбору материалов и технологических процессов для испытательного оборудования. Уметь: обоснованно выбирать материалы и технологические решения для создания испытательных стендов и оснастки, рассчитывать и моделировать ключевые параметры испытательных режимов, разрабатывать техническое задание и концепцию проектов с оценкой их реализуемости, рисков и эффективности, а также анализировать вопросы надёжности, диагностики и организации испытаний двигательных систем. Владеть: навыками проектирования испытательного оборудования на основе фундаментальных законов физики и современных технологий, методами расчёта и моделирования параметров испытаний и обработки экспериментальных данных, приёмами технико-экономического анализа и управления рисками при разработке проектов, а также способами оценки надёжности и организации испытаний двигательных установок.
--	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория 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), 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	История развития ракетных двигателей и их роль в освоении космоса. Основные понятия и определения, связанные с испытаниями двигателей космических аппаратов.
2	Основы теории ракетных двигателей	Принципы работы ракетных двигателей различных типов (жидкостные, твердотопливные, электроракетные). Термодинамика и газодинамика ракетных двигателей. Процессы горения топлива и истечения продуктов сгорания.
3	Испытательное оборудование	Виды испытательного оборудования для проведения огневых и холодных испытаний ракетных двигателей. Требования к испытательному оборудованию и его основные характеристики. Методы контроля состояния двигателя во время испытаний.
4	Огневые испытания	Цели и задачи огневых испытаний. Особенности проведения огневых испытаний жидкостных, твердотопливных и электроракетных двигателей. Измерение параметров работы двигателя во время огневых испытаний.
5	Холодные испытания	Цели и задачи холодных испытаний. Особенности проведения холодных испытаний жидкостных и твердотопливных двигателей. Измерение характеристик двигателя при проведении холодных испытаний.
6	Методы диагностики состояния двигателей	Визуальный осмотр и дефектоскопия. Акустические методы диагностики. Вибродиагностика и тензометрия. Тепловизионная диагностика.

7	Особенности испытаний различных типов двигателей	Испытания жидкостных ракетных двигателей. Испытания твердотопливных ракетных двигателей. Испытания электроракетных двигателей малой тяги.
8	Современные тенденции развития испытательного оборудования	Автоматизация процессов испытаний. Использование цифровых технологий для обработки данных. Перспективы развития испытательного оборудования.

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

Вопросы для обсуждения: История развития ракетных двигателей и их роль в освоении космоса. Основные понятия и определения, связанные с испытаниями двигателей космических аппаратов. Классификация испытаний по целям и этапам жизненного цикла двигателя.

Тема 2: Основы теории ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Принципы работы жидкостных, твердотопливных и электроракетных двигателей. Термодинамические и газодинамические процессы в камере сгорания и сопле. Уравнение тяги и удельного импульса. Процессы горения топлива и истечения продуктов сгорания.

Тема 3: Испытательное оборудование

Вопросы для обсуждения: Виды испытательного оборудования для огневых и холодных испытаний. Основные требования к стендам и измерительным системам. Методы контроля состояния двигателя в процессе испытаний.

Тема 4: Огневые испытания

Вопросы для обсуждения: Цели и задачи огневых испытаний. Особенности проведения огневых испытаний для двигателей различных типов. Измерение тяги, давления, температуры, расхода и других параметров работы двигателя. Обработка и анализ результатов.

Тема 5: Холодные испытания

Вопросы для обсуждения: Цели и задачи холодных испытаний. Особенности проведения холодных испытаний для жидкостных и твердотопливных двигателей. Измерение расходных и гидравлических характеристик.

Тема 6: Методы диагностики состояния двигателей

Вопросы для обсуждения: Визуальный осмотр и дефектоскопия. Акустические методы диагностики. Вибродиагностика и тензометрия. Тепловизионная диагностика. Неразрушающие методы контроля.

Тема 7: Особенности испытаний различных типов двигателей

Вопросы для обсуждения: Специфика испытаний жидкостных ракетных двигателей. Особенности испытаний твердотопливных ракетных двигателей. Специфика испытаний электроракетных двигателей малой тяги.

Тема 8: Современные тенденции развития испытательного оборудования

Вопросы для обсуждения: Автоматизация процессов испытаний и управление стендами. Использование цифровых технологий для сбора, обработки и архивации данных. Применение методов машинного обучения для диагностики и прогнозирования состояния двигателя. Перспективы развития стендовой базы для перспективных типов двигателей.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в дисциплину

Вопросы для обсуждения: Анализ исторических примеров испытаний ракетных двигателей. Классификация испытательных стендов по назначению. Изучение нормативной документации по испытаниям.

Тема 2: Основы теории ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Расчёт основных параметров двигателя по термодинамическим данным. Решение задач на определение режимов работы сопла. Анализ влияния давления в камере на характеристики.

Тема 3: Испытательное оборудование

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством типового испытательного стенда. Изучение схемы измерительных каналов и датчиков. Калибровка измерительного оборудования. Оценка погрешностей измерений.

Тема 4: Огневые испытания

Вопросы для обсуждения: Разработка программы огневых испытаний для заданного типа двигателя. Проведение виртуального эксперимента по обработке данных. Построение графиков изменения параметров во времени. Выявление отклонений и анализ причин.

Тема 5: Холодные испытания

Вопросы для обсуждения: Планирование гидравлических испытаний для проверки герметичности. Расчёт потерь давления в трубопроводах. Интерпретация результатов пневматических испытаний. Оценка герметичности по скорости падения давления.

Тема 6: Методы диагностики состояния двигателей

Вопросы для обсуждения: Обработка данных вибродиагностики: спектральный анализ, выделение частотных компонент. Интерпретация тепловизионных изображений. Оценка состояния по результатам неразрушающего контроля. Заполнение протоколов диагностики.

Тема 7: Особенности испытаний различных типов двигателей

Вопросы для обсуждения: Разработка плана ресурсных испытаний для электроракетного двигателя. Расчёт времени работы в импульсном режиме для жидкостного двигателя. Анализ результатов испытаний твердотопливного двигателя на устойчивость горения.

Тема 8: Современные тенденции развития испытательного оборудования

Вопросы для обсуждения: Знакомство с программным обеспечением для сбора и анализа данных. Применение методов цифровой обработки сигналов к данным испытаний. Использование системы автоматического управления стендом. Оценка эффективности автоматизации испытательного процесса.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: История развития ракетных двигателей и их роль в освоении космоса. Термодинамика и газодинамика ракетных двигателей. Процессы горения топлива и истечения продуктов сгорания. Виды испытательного оборудования и требования к нему. Методы контроля состояния двигателя во время испытаний. Особенности проведения огневых и холодных испытаний жидкостных, твердотопливных и электроракетных двигателей. Визуальный осмотр и дефектоскопия. Акустические методы диагностики. Вибродиагностика и тензометрия. Тепловизионная диагностика. Современные тенденции развития испытательного оборудования. Автоматизация процессов испытаний. Использование цифровых технологий для обработки данных. Перспективы развития испытательного оборудования.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение

упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Моделирование процессов горения топлива с использованием компьютерных программ; Проведение анализа результатов моделирования и их сопоставление с реальными данными. Участие в разработке проектов по созданию испытательных стендов для различных типов двигателей; Разработка рекомендаций по устранению выявленных проблем в работе двигателя.

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 в дисциплину	ОПК-3, ПК-2	Опрос
Основы теории ракетных двигателей	ОПК-3, ПК-2	Опрос

Испытательное оборудование	ОПК-3, ПК-2	Опрос
Огневые испытания	ОПК-3, ПК-2	Опрос
Холодные испытания	ОПК-3, ПК-2	Опрос
Методы диагностики состояния двигателей	ОПК-3, ПК-2	Опрос
Особенности испытаний различных типов двигателей	ОПК-3, ПК-2	Опрос
Современные тенденции развития испытательного оборудования	ОПК-3, 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:

1. Письменно сравните особенности испытаний ЖРД и твердотопливных двигателей.
2. Составьте план проведения испытаний электроракетного двигателя малой тяги.
3. Решите задачу по определению основных параметров работы ракетного двигателя на основе данных, полученных в ходе испытаний.
4. Подготовьте доклад о современных тенденциях развития испытательного оборудования для ракетных двигателей.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Основные этапы и виды испытаний ракетных двигателей.
2. Требования к двигателям космических аппаратов.
3. Огневые испытания ракетных двигателей: цели, задачи, особенности проведения.
4. Холодные испытания ракетных двигателей: цели, задачи, особенности проведения.
5. Методы контроля состояния двигателей во время испытаний.
6. Особенности испытаний жидкостных ракетных двигателей (ЖРД).
7. Особенности испытаний твердотопливных ракетных двигателей.
8. Особенности испытаний электроракетных двигателей.
9. Испытательное оборудование для проведения огневых и холодных испытаний 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. Корянов, В. В. Основы теории космического полета. Часть 2. Возмущенное движение космических аппаратов: учебное пособие / В. В. Корянов, В. П. Казаковцев. - Москва: Из-во МГТУ им. Баумана, 2014. - 61 с. - ISBN 978-5-7038-4018-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2160678>

Дополнительная литература:

1. Афанасьев, И. Б. Основы устройства космических аппаратов: учебник для вузов / И. Б. Афанасьев, А. Н. Лавренев, А. М. Семёнов. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.

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: «Особенности рабочего процесса в двигателях космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических процессах, определяющих рабочий цикл двигателей космических аппаратов, методах их теоретического и экспериментального анализа, а также практических навыков моделирования рабочих процессов и оценки эффективности двигательных установок для решения научно-исследовательских и прикладных задач в области космического двигателестроения.

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 организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	Знать: фундаментальные физические закономерности и математические методы, описывающие рабочие процессы двигателей космических аппаратов различных типов; принципы организации теоретических и экспериментальных исследований рабочих характеристик двигательных установок; подходы к интеграции двигательных систем с космическими аппаратами для решения комплексных задач. Уметь: применять теоретические и экспериментальные физико-математические методы для исследования рабочих процессов и характеристик двигателей; организовывать и проводить научные эксперименты, обрабатывать и интерпретировать полученные данные; прогнозировать возможности применения знаний и методов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач в области космического двигателестроения. Владеть: навыками организации и проведения теоретических и

		экспериментальных научных исследований рабочих процессов двигательных установок; методами анализа и интерпретации результатов исследований для обоснования инженерных решений; способностью интегрировать знания из различных областей физики, математики и смежных наук для решения комплексных задач в области космического двигателестроения.
--	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Особенности рабочего процесса в двигателях 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
2.	Основы теории тепловых реактивных двигателей	Термодинамические процессы в двигателях с тепловым ускорением рабочего тела.
3.	ЖРД МТ – особенности рабочего процесса	Процессы в камере нагрева. Особенности процесса ускорения в сопле.
4.	Электротермические	Особенности процессов в электронагревном

	двигатели особенности рабочего процесса	двигателе и электродугового двигателях.
5.	ЭРД – основы рабочего процесса	Прикладные вопросы физики плазмы и их применение в ЭРД. Механизмы ускорения рабочего тела в ЭРД. Классификация ЭРД.
6.	Двигатели с ускорением объемной электромагнитной силой	Особенности проявления механизмов ускорения плазмы в электромагнитном поле. Торцевой сильноточный двигатель. Импульсный и торцевой холловский плазменные двигатели.
7.	Двигатели с электростатическим механизмом ускорения	Схема электростатического двигателя. Ионно-оптическая система. Способы генерации ионов, газоразрядные камеры и другие схемы ИД.
8.	Двигатели с замкнутым дрейфом электронов	Схема стационарного плазменного двигателя. Движение ионов и электронов в ускорительном канале стационарного плазменного двигателя. Проблема расходимости ионного потока и ее влияние на время безотказной работы стационарного плазменного двигателя. Двигатель с анодным слоем и другие схемы двигателей с замкнутым дрейфом электронов.
9.	Интеграция двигательной установки с ЭРД с космическим аппаратом	Схемы компоновки космических аппаратов с ЭРД. Собственная атмосфера КА и взаимодействие с ней струй ЭРД. Состав и параметры основных узлов и подсистем. Перелеты с использованием ЭРД современных двигательных установок с ЭРД.

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 теории тепловых реактивных двигателей

Вопросы для обсуждения: Термодинамические процессы в двигателях с тепловым ускорением рабочего тела. Термодинамический цикл теплового ракетного двигателя.

Тема 2: ЖРД МТ – особенности рабочего процесса

Вопросы для обсуждения: Процессы в камере нагрева жидкостного ракетного двигателя малой тяги. Особенности процесса ускорения в сопле жидкостного ракетного двигателя малой тяги.

Тема 3: Электротермические двигатели особенности рабочего процесса

Вопросы для обсуждения: Особенности процессов в электронагревном двигателе. Особенности процессов в электродуговом двигателе.

Тема 4: Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства

Вопросы для обсуждения: Прикладные вопросы физики плазмы и их применение в электроракетных двигателях. Механизмы ускорения рабочего тела в электроракетных двигателях. Классификация электроракетных двигателей.

Тема 5: ЭРД – основы рабочего процесса

Вопросы для обсуждения: Особенности проявления механизмов ускорения плазмы в электромагнитном поле. Торцевой сильноточный двигатель. Импульсный и торцевой холловский плазменные двигатели.

Тема 6: Дефекты и неупорядоченные системы

Вопросы для обсуждения: Схема электростатического двигателя. Ионно-оптическая система. Способы генерации ионов, газоразрядные камеры и другие схемы ионных двигателей.

Тема 7: Двигатели с электростатическим механизмом ускорения

Вопросы для обсуждения: Схема стационарного плазменного двигателя. Движение ионов и электронов в ускорительном канале стационарного плазменного двигателя. Проблема расходимости ионного потока и ее влияние на время безотказной работы стационарного плазменного двигателя.

Тема 8: Двигатели с замкнутым дрейфом электронов

Вопросы для обсуждения: Схемы компоновки космических аппаратов с электроракетными двигателями. Собственная атмосфера космического аппарата и взаимодействие с ней струй электроракетных двигателей. Состав и параметры основных узлов и подсистем современных двигательных установок с электроракетными двигателями.

Тема 9: Интеграция двигательной установки с ЭРД с космическим аппаратом

Вопросы для обсуждения: Расчет необходимой мощности солнечных батарей для питания электроракетного двигателя.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы теории тепловых реактивных двигателей

Вопросы для обсуждения: Термодинамические процессы в двигателях с тепловым ускорением рабочего тела.

Тема 2: ЖРД МТ – особенности рабочего процесса

Вопросы для обсуждения: Процессы в камере нагрева жидкостного ракетного двигателя малой тяги. Особенности процесса ускорения в сопле жидкостного ракетного двигателя малой тяги.

Тема 3: Электротермические двигатели особенности рабочего процесса

Вопросы для обсуждения: Особенности процессов в электронагревном двигателе и электродуговом двигателе.

Тема 4: Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства

Вопросы для обсуждения: Прикладные вопросы физики плазмы и их применение в электроракетных двигателях. Механизмы ускорения рабочего тела в электроракетных двигателях. Классификация электроракетных двигателей. Особенности проявления механизмов ускорения плазмы в электромагнитном поле. Торцевой сильноточный двигатель.

Тема 5: ЭРД – основы рабочего процесса

Вопросы для обсуждения: Схема электростатического двигателя. Ионно-оптическая система. Способы генерации ионов, газоразрядные камеры и другие схемы ионных двигателей.

Тема 6: Дефекты и неупорядоченные системы

Вопросы для обсуждения: Схема стационарного плазменного двигателя. Движение ионов и электронов в ускорительном канале стационарного плазменного двигателя. Проблема расходимости ионного потока и ее влияние на время безотказной работы стационарного плазменного двигателя. Двигатель с анодным слоем и другие схемы двигателей с замкнутым дрейфом электронов.

Тема 7: Двигатели с электростатическим механизмом ускорения

Вопросы для обсуждения: Схемы компоновки космических аппаратов с электроракетными двигателями. Собственная атмосфера космического аппарата и взаимодействие с ней струй электроракетных двигателей. Состав и параметры основных узлов и подсистем современных двигательных установок с электроракетными двигателями. Перелеты с использованием электроракетных двигателей.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Проблема расходимости ионного потока и ее влияние на время безотказной работы стационарного плазменного двигателя. Способы генерации ионов, газоразрядные камеры и другие схемы ИД.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Проблема расходимости ионного потока и ее влияние на время безотказной работы стационарного плазменного двигателя. Способы генерации ионов, газоразрядные камеры и другие схемы ИД.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основы теории тепловых реактивных двигателей. ЖРД МТ – особенности рабочего процесса. Электротермические двигатели особенности рабочего процесса. ЭРД – основы рабочего процесса. Двигатели с ускорением объемной электромагнитной силой. Двигатели с электростатическим механизмом ускорения. Двигатели с замкнутым дрейфом электронов. Интеграция двигательной установки с ЭРД с космическим аппаратом.

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 теории тепловых реактивных двигателей	ОПК-2	Контрольная работа
ЖРД МТ – особенности рабочего процесса	ОПК-2	Контрольная работа
Электротермические двигатели особенности рабочего процесса	ОПК-2	Контрольная работа
ЭРД – основы рабочего процесса	ОПК-2	Контрольная работа
Двигатели с ускорением объемной электромагнитной силой	ОПК-2	Контрольная работа
Двигатели с электростатическим механизмом ускорения	ОПК-2	Контрольная работа
Двигатели с замкнутым дрейфом электронов	ОПК-2	Контрольная работа
Интеграция двигательной установки с ЭРД с космическим аппаратом	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 тестовые задания:

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Принцип действия двигателей с ускорением объёмной электромагнитной силой.
2. Преимущества и недостатки двигателей с электростатическим механизмом ускорения.
3. Конструкция и принцип действия двигателей с замкнутым дрейфом электронов.
4. Сравнение характеристик двигателей с различными механизмами ускорения.
5. Перспективы развития двигателей с ускорением объёмной электромагнитной силой.
6. Какие основные принципы работы лежат в основе теории тепловых реактивных двигателей?
7. В чём заключаются особенности рабочего процесса ЖРД МТ?
8. Каковы преимущества и недостатки ЖРД МТ по сравнению с другими типами тепловых реактивных двигателей?
9. Как работает электротермический двигатель и какие особенности имеет его рабочий процесс?
10. Что такое ЭРД и каковы его основные характеристики?
11. Какие типы ЭРД существуют и в чём их отличия?
12. Какие проблемы возникают при интеграции двигательной установки с ЭРД с космическим аппаратом?
13. Какие перспективы развития имеют тепловые реактивные двигатели?
14. Какие факторы влияют на эффективность тепловых реактивных двигателей?

15. Какие материалы используются для изготовления тепловых реактивных двигателей и как это влияет на их характеристики?
16. Как работают двигатели с ускорением объёмной электромагнитной силой и какие преимущества они имеют?
17. Какие недостатки имеют двигатели с электростатическим механизмом ускорения?
18. Как устроены двигатели с замкнутым дрейфом электронов и какие принципы лежат в их основе?
19. Какие характеристики имеют двигатели с различными механизмами ускорения?
20. Какие перспективы имеют двигатели с ускорением объёмной электромагнитной силой?

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			
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. Введение в ракетно-космическую технику: в двух томах. Том 2. Космические аппараты и их системы. Проектирование и перспективы развития ракетно-космических систем: учебное пособие / А. П. Аверьянов, Л. Г. Азаренко, Г. Г. Вокии [и др.]; под. общ. ред. Г. Г. Вокина. - 2-е изд. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. - 444 с. - ISBN 978-5-9729-0684-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=326291>

Дополнительная литература:

1. Новиков В.Н. Введение в ракетно-космическую технику: учеб. пособие. -М.: МАИ-Принт, 2010.

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: «Проектирование двигателей малой тяги».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области проектирования двигателей малой тяги, необходимых для разработки и оптимизации двигательных установок с заданными эксплуатационными характеристиками, с учётом требований к надёжности, долговечности и экономичности, для решения научно-исследовательских и прикладных задач в области космического двигателестроения.

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 прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	Знать: физические основы и принципы проектирования двигательных установок, методы расчёта и оптимизации их параметров с учётом требований к надёжности, долговечности и экономичности, а также современные подходы к экспериментальному исследованию и оценке эффективности проектных решений. Уметь: проводить анализ результатов научных исследований и проектных разработок с использованием физико-математических подходов, участвовать в профессиональных дискуссиях о передовых методах проектирования и испытаний, а также описывать результаты профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки. Владеть: навыками применения современных методов расчёта и оптимизации параметров двигателей, методами комплексного анализа и прогнозирования эффективности проектных решений, а также способностью интегрировать знания из различных областей

		физики и математики для обоснования и представления результатов проектной деятельности.
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория 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), 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 проектирования двигателей малой тяги	Рассматриваются основные принципы работы, характеристики и требования к надёжности, долговечности и экономичности двигателей малой тяги (ДМТ). Обсуждаются различные типы ДМТ, их преимущества и недостатки, а также области применения.
2.	Расчёт основных параметров двигателей малой тяги для заданных условий эксплуатации	Изучаются методы расчёта основных параметров ДМТ, таких как тяга, удельный импульс, расход топлива и др. Рассматриваются различные подходы к расчёту, включая аналитические методы и численное моделирование.
3.	Современные методы расчёта и экспериментального исследования двигателей малой тяги	Тема посвящена современным методам расчёта и экспериментального исследования ДМТ. Обсуждаются новые технологии и инструменты, которые позволяют улучшить точность и эффективность расчётов, а также

		повысить качество экспериментальных данных.
4.	Оптимизация характеристик двигателей малой тяги с учётом требований к надёжности, долговечности и экономичности	Анализ существующих конструкций двигателей малой тяги. Определение критериев оптимизации. Создание математических моделей, описывающих работу двигателя и его взаимодействие с другими системами космического аппарата.

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 проектирования двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Классификация двигателей малой тяги: жидкостные, электроракетные, гибридные. Основные требования к двигателям малой тяги для космических аппаратов. Принципы выбора схемы и конструктивных решений

Тема 2: Расчёт основных параметров двигателей малой тяги для заданных условий эксплуатации

Вопросы для обсуждения: Расчёт тяги, удельного импульса и расхода рабочего тела. Определение энергопотребления и тепловых режимов для электроракетных двигателей. Расчёт характеристик камеры сгорания и сопла для жидкостных двигателей. Учёт условий внешней среды, включая вакуум, температуру и радиацию, при расчёте параметров.

Тема 3: Современные методы расчёта и экспериментального исследования двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Численное моделирование рабочих процессов. Методы многокритериальной оптимизации в проектировании. Экспериментальные методы исследования: стендовые испытания, измерительные системы, методы обработки данных.

Тема 4: Оптимизация характеристик двигателей малой тяги с учётом требований к надёжности, долговечности и экономичности

Вопросы для обсуждения: Критерии оптимизации: масса, стоимость, ресурс, эффективность. Методы многопараметрической оптимизации. Учёт ограничений по надёжности и ресурсу при проектировании. Экономическая эффективность применения двигателей малой тяги.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Основы проектирования двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Анализ требований к двигателю для заданной космической миссии. Выбор типа двигателя на основе расчёта энергетического и массового баланса. Разработка структурной схемы двигательной установки. Оценка влияния конструктивных параметров на массу и габариты.

Тема 2: Расчёт основных параметров двигателей малой тяги для заданных условий эксплуатации

Вопросы для обсуждения: Выполнение расчёта тяги и удельного импульса для заданных параметров рабочего тела. Расчёт температуры и давления в камере сгорания жидкостного двигателя. Определение массового расхода и необходимого запаса рабочего тела для электроракетного двигателя. Оценка тепловых нагрузок и выбор системы

охлаждения.

Тема 3: Современные методы расчёта и экспериментального исследования двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Проведение численного моделирования рабочего процесса с использованием специализированного программного обеспечения. Разработка методики экспериментальных исследований для заданного типа двигателя. Обработка экспериментальных данных и сравнение с результатами моделирования. Оценка погрешностей измерений и верификация моделей.

Тема 4: Оптимизация характеристик двигателей малой тяги с учётом требований к надёжности, долговечности и экономичности

Вопросы для обсуждения: Формулировка целевой функции и ограничений для оптимизационной задачи. Применение методов многокритериальной оптимизации для выбора оптимальных параметров двигателя. Оценка ресурса и надёжности по результатам моделирования.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы проектирования двигателей малой тяги. Расчёт основных параметров двигателей малой тяги для заданных условий эксплуатации. Современные методы расчёта и экспериментального исследования двигателей малой тяги. Оптимизация характеристик двигателей малой тяги с учётом требований к надёжности, долговечности и экономичности.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ требований к двигателю для заданной космической миссии. Выбор типа двигателя и разработка структурной схемы двигательной установки. Расчёт тяги, удельного импульса, расхода рабочего тела. Определение энергопотребления и тепловых режимов. Расчёт температуры и давления в камере сгорания. Численное моделирование рабочего процесса.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация двигателей малой тяги и требования к ним. Принципы выбора схемы и конструктивных решений. Расчёт тяги, удельного импульса, расхода, энергопотребления. Расчёт характеристик камеры сгорания и сопла. Численное моделирование рабочих процессов. Методы многокритериальной оптимизации.

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 проектирования двигателей малой тяги	ОПК-3	Тестирование
Расчёт основных параметров двигателей малой тяги для заданных условий эксплуатации	ОПК-3	Тестирование
Современные методы расчёта и экспериментального исследования двигателей малой тяги	ОПК-3	Тестирование
Оптимизация характеристик двигателей малой тяги с учётом требований к надёжности, долговечности и экономичности	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

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Основы проектирования двигателей малой тяги»

1. К какому типу двигателей малой тяги относятся стационарные плазменные двигатели?

- а) Жидкостные ракетные двигатели
- б) Электроракетные двигатели
- в) Гибридные двигатели
- г) Твердотопливные ракетные двигатели

2. Какое из перечисленных требований является основным при проектировании двигателей малой тяги для космических аппаратов?

- а) Максимальная тяга
- б) Минимальная масса и габариты при заданных характеристиках
- в) Простота конструкции
- г) Возможность работы в атмосфере

3. Какой параметр в наибольшей степени определяет выбор типа двигателя малой тяги для конкретной миссии?

- а) Стоимость рабочего тела
- б) Требуемое приращение характеристической скорости
- в) Диаметр космического аппарата
- г) Цвет корпуса двигателя

4. Какое ограничение в первую очередь влияет на выбор конструктивной схемы двигателя малой тяги?

- а) Наличие наземной инфраструктуры
- б) Массо-габаритные ограничения космического аппарата
- в) Скорость вращения Земли
- г) Температура окружающей среды на старте

5. Что из перечисленного является преимуществом электроракетных двигателей малой тяги перед жидкостными ракетными двигателями малой тяги?

- а) Более высокая тяга
- б) Более высокий удельный импульс
- в) Возможность работы без электропитания
- г) Простота хранения топлива

6. Какой параметр двигателя малой тяги определяется как отношение тяги к массовому расходу рабочего тела?

- а) Тяговооружённость
- б) Удельный импульс
- в) Коэффициент полезного действия
- г) Степень расширения сопла

7. При проектировании жидкостного ракетного двигателя малой тяги камера сгорания и сопло рассчитываются на основе:

- а) Только аэродинамических требований
- б) Термодинамических и газодинамических параметров рабочего тела
- в) Механических свойств материалов корпуса
- г) Электрических характеристик системы зажигания

8. Для электроракетных двигателей малой тяги критическим параметром при расчёте является:

- а) Давление в камере сгорания
- б) Доступная электрическая мощность на борту космического аппарата
- в) Вязкость рабочего тела
- г) Скорость звука в сопле

9. Какое требование к надёжности является наиболее важным для двигателей малой тяги, работающих в длительных космических миссиях?

- а) Высокая ремонтпригодность в полёте
- б) Минимальное количество отказов за весь ресурс
- в) Возможность многократного запуска
- г) Низкий уровень вибраций

10. При проектировании двигателя малой тяги одним из ключевых этапов является выбор:

- а) Цвета теплозащитного покрытия
- б) Материалов, стойких к рабочим температурам и эрозии
- в) Формы корпуса космического аппарата
- г) Угла наклона солнечных панелей

11. Какая характеристика двигателя малой тяги определяет его экономичность?

- а) Масса двигателя
- б) Удельный импульс и ресурс
- в) Максимальная температура стенки камеры
- г) Напряжение питания

12. Что такое «сухая масса» двигательной установки малой тяги?

- а) Масса двигателя без рабочего тела
- б) Масса двигателя с полным запасом рабочего тела
- в) Масса только камеры сгорания
- г) Масса системы электропитания

13. При проектировании электроракетного двигателя малой тяги выбор рабочего тела определяется:

- а) Только стоимостью
- б) Энергией ионизации, атомной массой и доступностью
- в) Температурой кипения при атмосферном давлении
- г) Цветом пламени

14. Оптимизация двигателя малой тяги по массе и эффективности обычно проводится с учётом:

- а) Только требований заказчика
- б) Ограничений по габаритам и доступной мощности космического аппарата
- в) Только стоимости изготовления
- г) Только срока службы

15. Какое из перечисленных условий эксплуатации двигателей малой тяги требует специального учёта при проектировании?

- а) Работа в условиях глубокого вакуума
- б) Работа при нормальном атмосферном давлении
- в) Работа в жидкой среде
- г) Работа при нулевой гравитации

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Классификация двигателей малой тяги. Основные типы и их характеристики.
2. Требования, предъявляемые к двигателям малой тяги для космических аппаратов.
3. Принципы выбора схемы и конструктивных решений при проектировании двигателей малой тяги.
4. Влияние массо-габаритных ограничений на проектирование двигательных установок.
5. Методы расчёта тяги, удельного импульса и расхода рабочего тела.
6. Расчёт энергопотребления и тепловых режимов для электроракетных двигателей малой тяги.
7. Особенности расчёта камеры сгорания и сопла жидкостных ракетных двигателей малой тяги.
8. Учёт условий внешней среды (вакуум, температура, радиация) при расчёте параметров двигателя.

9. Численное моделирование рабочих процессов двигателей малой тяги.
10. Экспериментальные методы исследования двигателей малой тяги: стендовые испытания, измерительные системы.
11. Методы обработки и интерпретации экспериментальных данных.
12. Применение методов машинного обучения для прогнозирования характеристик двигателей.
13. Методы многокритериальной оптимизации в проектировании двигателей малой тяги.
14. Критерии оптимизации: масса, стоимость, ресурс, эффективность.
15. Учёт ограничений по надёжности и долговечности при проектировании.
16. Модели прогнозирования ресурса и надёжности двигателей малой тяги.
17. Методы многопараметрической оптимизации параметров двигательной установки.
18. Выбор рабочего тела для электроракетных двигателей малой тяги и его обоснование.
19. Экономическая эффективность применения двигателей малой тяги в космических аппаратах.
20. Интеграция двигательной установки малой тяги с космическим аппаратом: компоновка, взаимодействие с системами КА.

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. Минашин, А. Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги. Часть 2: учебное пособие / А. Г. Минашин, Б. Б. Петрикевич; под. ред. Б. Б. Петрикевича. - Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2015. - 48 с. - ISBN 978-5-7038-4015-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2160677>

Дополнительная литература:

1. Сидоренко А. В. Газодинамическое проектирование турбореактивного двигателя малой тяги. – 2022.

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: «Надежность и техническая диагностика двигателей космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области теории надежности, методов испытаний, технической диагностики и прогнозирования состояния двигателей космических аппаратов для обеспечения их безотказной работы, оценки ресурса и эффективного технического обслуживания на всех этапах жизненного цикла.

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 организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	Знать: фундаментальные закономерности теории надёжности, методы испытаний и оценки надёжности двигательных установок, подходы к технической диагностике и прогнозированию состояния сложных технических систем, а также физико-математические методы, применяемые для анализа надёжности и диагностирования. Уметь: использовать теоретические и экспериментальные физико-математические методы для решения научно-исследовательских задач в области надёжности и диагностики двигателей, применять методы статистического анализа, оценки ресурса и прогнозирования технического состояния, а также прогнозировать возможности применения знаний и методов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач в сфере обеспечения надёжности сложных систем. Владеть: навыками организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований

		надёжности двигателей, методами технической диагностики, алгоритмами обработки и интерпретации результатов испытаний для оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса, а также способностью интегрировать физико-математические подходы для решения комплексных задач в области надёжности и диагностики.
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	Знать: методы анализа и прогнозирования надёжности двигательных установок, подходы к оценке технического состояния и остаточного ресурса на основе физико-математических моделей, а также современные методы технической диагностики сложных систем. Уметь: проводить анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области надёжности и диагностики двигателей, участвовать в профессиональных дискуссиях о передовых методах и технологиях диагностирования, а также описывать результаты исследований и диагностических мероприятий с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности. Владеть: навыками прогнозирования применимости результатов исследований надёжности для решения прикладных задач, методами комплексного анализа и оценки технического состояния двигателей, а также способностью интегрировать знания из физики, математики и смежных дисциплин для обоснования и представления результатов диагностической деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Надежность и техническая диагностика 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), 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 закономерности в надежности	Характеристики надежности. Влияние внешних условий и циклограммы нагружения, структурного построения двигателей КА на вероятность отказов
2.	Испытания двигателей КА на надежность	Классификация видов испытаний на надежность. Средства технической диагностики элементов и узлов двигателей КА
3.	Методы повышения надежности двигателей КА	Планирование испытаний. Эквивалентность форсированных испытаний
4.	Оценка надежности двигателей КА	Научно-технические проблемы повышения надежности элементов и узлов двигателей КА
5.	Основные понятия, задачи, методы, алгоритмы и средства технического диагностирования	Основные понятия и задачи технической диагностики. Виды технического диагностирования. Методы и алгоритмы поиска неисправности
6.	Прогнозирование и эффективность технического диагностирования сложных систем	Прогнозирование технического состояния объектов. Достоверность и эффективность технического диагностирования

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 закономерности в надежности

Вопросы для обсуждения: Основные понятия и определения теории надёжности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Количественные показатели надёжности: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа.

Тема 2: Испытания двигателей КА на надежность

Вопросы для обсуждения: Цели и задачи испытаний на надёжность. Классификация испытаний: стендовые, ресурсные, приёмочные, периодические, квалификационные. Методика планирования ресурсных испытаний. Измерение и контроль параметров в процессе испытаний. Обработка результатов испытаний и оценка показателей надёжности. Критерии принятия решений по результатам испытаний.

Тема 3: Методы повышения надежности двигателей КА

Вопросы для обсуждения: Конструктивные методы повышения надёжности: резервирование, выбор материалов, обеспечение прочности и ресурса. Технологические методы: контроль качества, отбраковка дефектов. Эксплуатационные методы: регламентные работы, диагностика, прогнозирование состояния.

Тема 4: Оценка надежности двигателей КА свойства

Вопросы для обсуждения: Статистические методы оценки показателей надёжности по результатам испытаний и эксплуатации. Точечные и интервальные оценки. Методы подтверждения заданных показателей надёжности. Учёт априорной информации при оценке надёжности.

Тема 5: Основные понятия, задачи, методы, алгоритмы и средства технического диагностирования

Вопросы для обсуждения: Определение технической диагностики, её цели и задачи. Виды диагностических параметров. Методы диагностирования: вибродиагностика, тепловизионный контроль, акустическая эмиссия, спектральный анализ, неразрушающий контроль.

Тема 6: Прогнозирование и эффективность технического диагностирования сложных систем

Вопросы для обсуждения: Методы прогнозирования остаточного ресурса и технического состояния, включая модели старения, экстраполяцию трендов и нейросетевые подходы. Оценка эффективности диагностирования.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные закономерности в надежности

Вопросы для обсуждения: Расчёт показателей безотказности по статистическим данным об отказах. Построение гистограммы распределения наработки до отказа. Подбор теоретического закона распределения. Оценка средней наработки до отказа и интенсивности отказов.

Тема 2: Испытания двигателей КА на надежность

Вопросы для обсуждения: Разработка программы ресурсных испытаний для заданного типа двигателя. Определение объёма выборки и критериев отказа. Обработка результатов испытаний и расчёт показателей надёжности. Оценка достоверности полученных результатов.

Тема 3: Методы повышения надежности двигателей КА

Вопросы для обсуждения: Оценка критичности отказов и разработка мер по снижению

рисков. Расчёт эффективности резервирования. Выбор конструктивных и технологических решений для повышения надёжности.

Тема 4: Оценка надёжности двигателей КА свойства

Вопросы для обсуждения: Расчёт вероятности безотказной работы системы с последовательным и параллельным соединением элементов. Оценка надёжности по результатам испытаний методом максимального правдоподобия. Построение доверительных интервалов для показателей надёжности.

Тема 5: Основные понятия, задачи, методы, алгоритмы и средства технического диагностирования

Вопросы для обсуждения: Выбор диагностических параметров для контроля состояния двигателя. Разработка алгоритма диагностирования по заданным признакам. Обработка данных вибродиагностики и построение спектральных характеристик. Оценка чувствительности и достоверности диагностических методов.

Тема 6: Прогнозирование и эффективность технического диагностирования сложных систем

Вопросы для обсуждения: Применение методов экстраполяции для прогнозирования остаточного ресурса по данным мониторинга. Оценка эффективности диагностирования: расчёт вероятности правильного обнаружения отказа и ложной тревоги. Оптимизация периодичности диагностических проверок на основе критерия минимальных затрат.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основные закономерности в надёжности. Испытания двигателей космических аппаратов на надёжность. Методы повышения надёжности двигателей. Оценка надёжности двигателей. Основные понятия, задачи, методы, алгоритмы и средства технического диагностирования. Прогнозирование и эффективность технического диагностирования сложных систем.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт показателей безотказности по статистическим данным. Построение гистограммы распределения наработки до отказа и подбор теоретического закона. Разработка программы ресурсных испытаний и обработка их результатов. Проведение анализа видов и последствий отказов для узла двигателя. Расчёт вероятности безотказной работы систем с последовательным и параллельным соединением. Оценка надёжности методом максимального правдоподобия. Выбор диагностических параметров и разработка алгоритма диагностирования.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Показатели надёжности и законы распределения времени до отказа. Классификация и методика испытаний на надёжность. Конструктивные, технологические и эксплуатационные методы повышения надёжности. Статистические методы оценки надёжности. Методы технического диагностирования: вибродиагностика, тепловизионный контроль, акустическая эмиссия, спектральный анализ, неразрушающий контроль. Алгоритмы принятия решений о техническом состоянии. Методы прогнозирования остаточного ресурса. Оценка эффективности диагностирования.

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 закономерности в надежности	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Испытания двигателей КА на надежность	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Методы повышения надежности двигателей КА	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Оценка надежности двигателей КА	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Основные понятия, задачи, методы, алгоритмы и средства технического диагностирования	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Прогнозирование и эффективность технического диагностирования сложных систем	ОПК-2, 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

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Основные закономерности в надежности»

1. **Какое свойство объекта заключается в способности непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени?**
 - а) Долговечность
 - б) Безотказность
 - в) Ремонтопригодность
 - г) Сохраняемость
2. **Как называется свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта?**
 - а) Безотказность
 - б) Ремонтопригодность
 - в) Долговечность
 - г) Сохраняемость
3. **Что такое ремонтопригодность объекта?**
 - а) Способность объекта противостоять отказам
 - б) Приспособленность объекта к предупреждению и обнаружению отказов и устранению их последствий
 - в) Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность
 - г) Способность объекта сохранять работоспособность в процессе хранения и транспортировки
4. **Какой показатель надёжности определяется как отношение числа отказавших объектов к числу исправно работающих в единицу времени?**
 - а) Вероятность безотказной работы
 - б) Интенсивность отказов
 - в) Средняя наработка на отказ
 - г) Гамма-процентный ресурс
5. **Что такое средняя наработка на отказ?**
 - а) Суммарная наработка до первого отказа
 - б) Математическое ожидание наработки объекта между отказами
 - в) Вероятность безотказной работы в заданном интервале времени
 - г) Время восстановления объекта после отказа
6. **Какой закон распределения времени до отказа чаще всего используется для описания внезапных отказов в период нормальной эксплуатации?**
 - а) Нормальное распределение
 - б) Распределение Вейбулла
 - в) Экспоненциальное распределение
 - г) Логарифмически нормальное распределение
7. **Какое распределение обычно применяется для описания отказов, связанных с износом и старением элементов?**
 - а) Экспоненциальное распределение
 - б) Распределение Вейбулла

- в) Распределение Пуассона
 - г) Равномерное распределение
8. **Что характеризует сохраняемость объекта?**
- а) Способность сохранять работоспособность в течение заданного времени
 - б) Способность сохранять работоспособность до наступления предельного состояния
 - в) Способность сохранять работоспособность и другие свойства при хранении и транспортировке
 - г) Приспособленность к ремонту
9. **На каком этапе жизненного цикла двигателя закладывается его потенциальная надёжность?**
- а) Производство
 - б) Проектирование
 - в) Испытания
 - г) Эксплуатация
10. **Какой из перечисленных факторов в наибольшей степени влияет на надёжность двигателя на этапе производства?**
- а) Выбор конструкционных материалов
 - б) Качество изготовления и сборки
 - в) Условия эксплуатации
 - г) Режимы технического обслуживания
11. **Что такое вероятность безотказной работы?**
- а) Вероятность того, что объект проработает безотказно в течение заданного времени
 - б) Вероятность того, что объект откажет в течение заданного времени
 - в) Отношение числа отказов к общему числу объектов
 - г) Среднее время работы до отказа
12. **Что понимается под ресурсом 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
13. **Какое из перечисленных свойств относится к показателям долговечности?**
- а) Интенсивность отказов
 - б) Средний ресурс
 - в) Вероятность безотказной работы
 - г) Среднее время восстановления
14. **Что такое наработка двигателя?**
- а) Продолжительность работы двигателя с момента запуска до остановки
 - б) Суммарное время работы двигателя за весь период эксплуатации
 - в) Время от начала эксплуатации до первого отказа
 - г) Количество циклов включения-выключения
15. **Какой метод повышения надёжности относится к конструктивным методам?**
- а) Улучшение технологии сборки
 - б) Резервирование элементов
 - в) Сокращение периодичности технического обслуживания
 - г) Улучшение системы диагностики

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Какие испытания проводятся для оценки надёжности двигателей космических аппаратов?
2. Как осуществляется выбор параметров испытаний двигателей КА на надёжность?

3. Какие методы контроля применяются при проведении испытаний двигателей на надёжность?
4. Какова роль испытаний на надёжность в процессе разработки и эксплуатации двигателей КА?
5. Какие требования предъявляются к условиям проведения испытаний двигателей на надёжность?
6. Как оценивается надёжность двигателей КА по результатам испытаний?
7. Какие преимущества даёт использование автоматизированных систем для проведения испытаний на надёжность?
8. Как учитываются результаты испытаний на надёжность при проектировании новых двигателей КА?
9. Какие проблемы могут возникнуть при проведении испытаний на надёжность двигателей, работающих в условиях космического пространства?
10. Как обеспечивается безопасность проведения испытаний двигателей КА на надёжность?
11. Какие методы используются для повышения надёжности двигателей космических аппаратов?
12. Как применение современных материалов и технологий может повлиять на надёжность двигателей КА?
13. Какую роль играет оптимизация конструкции двигателей в повышении их надёжности?
14. Как влияет качество изготовления и сборки двигателей на их надёжность?
15. Какие мероприятия проводятся для обеспечения надёжной работы двигателей КА в условиях космоса?

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. Завистовский, В.Э. Надежность и диагностика технологического оборудования: учебное пособие / В.Э. Завистовский. — Минск: РИПО, 2019. — 257 с. - ISBN 978-985-503-852-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1055955>

Дополнительная литература:

1. Баранов, А. В. Надежность и диагностика технологических систем: учебное пособие / А. В. Баранов. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 148 с.: ил., табл. — ISBN 978-5-9729-1660-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=452047>

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: «Баллистика миссий космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний и практических навыков в области баллистического проектирования миссий космических аппаратов с использованием двигателей малой тяги, включая методы расчёта и оптимизации траекторий, анализ и выбор наилучших проектных решений для обеспечения эффективного выполнения космических 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 из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: физические и математические основы баллистического проектирования космических миссий, методы расчёта и оптимизации траекторных параметров, а также источники и способы поиска специализированной информации для решения задач в области небесной механики и динамики полёта. Уметь: применять физико-математические методы для расчёта и анализа траекторных задач, осуществлять быстрый поиск, критический анализ и систематизацию специализированной информации для обоснования баллистических решений, использовать современные программные средства для моделирования и оценки параметров миссий. Владеть: навыками баллистического моделирования и расчёта траекторий, методами анализа и выбора оптимальных решений при проектировании космических миссий, способностью интегрировать фундаментальные знания физики и математики для решения

		прикладных задач баллистического проектирования
ПК-3. Способен интегрировать знания из различных областей естественных и точных наук для решения комплексных задач на стыке этих наук.	ПК-3.1. Выявляет взаимосвязи между фундаментальными физико-химическими свойствами материалов (оптическими, электронными, поверхностными) и их макроскопическим поведением в сложных системах. ПК-3.2. Применяет принципы и концепции из смежных дисциплин (квантовая механика, астрофизика, биология) для объяснения явлений и проектирования устройств в своей основной области. ПК-3.3. Синтезирует информацию из различных предметных областей для предложения инновационных подходов к созданию новых материалов, приборов или методов диагностики.	Знать: фундаментальные физические законы и математические методы, лежащие в основе баллистики космических аппаратов, а также принципы и концепции из смежных дисциплин, необходимые для междисциплинарного анализа и проектирования космических миссий. Уметь: выявлять взаимосвязи между баллистическими параметрами, характеристиками двигателей и условиями выполнения миссий; применять подходы из различных областей науки для объяснения и моделирования траекторных явлений; синтезировать информацию из разных предметных областей для разработки инновационных решений при проектировании миссий. Владеть: навыками интеграции знаний из физики, математики и смежных дисциплин для решения комплексных баллистических задач; методами комплексного анализа и оптимизации траекторий с учётом разнородных ограничений; способностью предлагать инновационные подходы к проектированию миссий на основе обобщения междисциплинарной информации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Баллистика миссий 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 теории движения космических аппаратов	Изучение основных понятий и определений баллистики космических полётов, таких как траектория полёта, скорость, ускорение и т. д. Рассмотрение законов движения космических аппаратов в гравитационном поле Земли и других небесных тел.
2.	Характеристики двигателей малой тяги	Анализ принципов работы и характеристик различных типов двигателей малой тяги, включая химические, электрические и ядерные двигатели. Изучение методов расчёта тяги и удельного импульса двигателей.
3.	Методы расчёта траекторий полёта космических аппаратов	Применение методов для проектирования миссий с учётом ограничений на массу топлива, время полёта и другие параметры.
4.	Особенности проектирования миссий с использованием двигателей малой тяги	Анализ влияния параметров траектории полёта на расход топлива и время работы двигателя
5.	Оптимизация траекторий полёта с учётом ограничений	Учёт ограничений на массу, время и другие параметры при выборе оптимальной траектории.
6.	Анализ результатов моделирования и выбор наилучшей траектории	Оценка точности достижения цели миссии после моделирования траектории полёта. Выбор наилучшей траектории на основе анализа результатов моделирования.
7.	Разработка проектов миссий с двигателями малой тяг	Создание проекта миссии с использованием полученных знаний и навыков. Разработка детального плана полёта с расчётом расхода топлива и времени работы двигателя.

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 теории движения космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: аконы Кеплера и их применение к движению космических аппаратов. Уравнение движения центра масс в гравитационном поле. Понятие характеристической скорости и уравнение Циолковского. Классические задачи двух тел и их решение.

Тема 2: Характеристики двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Основные параметры двигателей малой тяги. Режимы работы двигателей. Зависимость параметров от внешних условий. Влияние характеристик двигателя на проектирование траектории: длительность работы, возможность многократного включения, ограничения по тепловым и электрическим режимам.

Тема 3: Методы расчёта траекторий полёта космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Аналитические методы для двух- и трёхмерных задач. Численные методы интегрирования уравнений движения. Метод возмущений для учёта малых возмущений. Применение метода конечных элементов для расчёта траекторий с двигателями малой тяги. Метод продолжения по параметру для решения краевых задач.

Тема 4: Особенности проектирования миссий с использованием двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Сравнение импульсных и непрерывных манёвров. Особенности многоэтапных перелётов. Ограничения по времени, массе и энергопотреблению. Влияние солнечного давления и нецентральности поля на траекторию.

Тема 5: Оптимизация траекторий полёта с учётом ограничений

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи оптимального управления: минимизация времени, топлива, массы или энергозатрат. Методы прямого и непрямого вариационного исчисления. Применение методов коллокации и дискретизации для численной оптимизации.

Тема 6: Анализ результатов моделирования и выбор наилучшей траектории

Вопросы для обсуждения: Методы визуализации и статистического анализа множества траекторных решений. Оценка чувствительности траектории к вариациям параметров.

Тема 7: Разработка проектов миссий с двигателями малой тяги

Вопросы для обсуждения: Структура проекта миссии: этапы, требования, ограничения. Интеграция баллистических расчётов с проектированием двигательной установки. Экономическая оценка миссии. Документирование результатов баллистического анализа.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы теории движения космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Решение задач на определение орбитальных элементов по начальным условиям.

Тема 2: Характеристики двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Расчёт удельного импульса и расхода топлива по заданным параметрам двигателя. Оценка времени работы двигателя для заданного манёвра. Сравнение характеристик двигателей различных типов.

Тема 3: Методы расчёта траекторий полёта космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Численное интегрирование уравнений движения для заданной начальной орбиты. Моделирование манёвра с постоянной тягой. Сравнение результатов аналитических и численных методов.

Тема 4: Особенности проектирования миссий с использованием двигателей малой тяги

Вопросы для обсуждения: Расчёт времени перелёта и необходимого запаса топлива.

Тема 5: Оптимизация траекторий полёта с учётом ограничений

Вопросы для обсуждения: Применение метода коллокации для оптимизации траектории с малой тягой. Решение задачи минимизации времени перелёта.

Тема 6: Анализ результатов моделирования и выбор наилучшей траектории

Вопросы для обсуждения: Обработка множества траекторных решений: построение графиков зависимостей параметров (время, масса топлива) от варьируемых факторов.

Тема 7: Разработка проектов миссий с двигателями малой тяг

Вопросы для обсуждения: Формулировка технического задания на проектирование миссии.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы теории движения космических аппаратов. Характеристики двигателей малой тяги. Методы расчёта траекторий полёта космических аппаратов. Особенности проектирования миссий с использованием двигателей малой тяги. Оптимизация траекторий полёта с учётом ограничений. Анализ результатов моделирования и выбор наилучшей траектории. Разработка проектов миссий с двигателями малой тяги.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт орбитальных элементов и эфемерид. Решение задач на гомановский перелёт и манёвры перехода между орбитами. Расчёт характеристик двигателей малой тяги. Численное интегрирование уравнений движения для моделирования траектории. Разработка схемы перелёта с гравитационным манёвром. Применение метода коллокации для оптимизации траектории.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Орбитальные элементы и их определение. Классические задачи двух тел и их решение. Характеристики двигателей малой тяги. Методы расчёта траекторий. Особенности проектирования миссий с малой тягой. Методы оптимизации.

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
Основы теории движения космических аппаратов	ОПК-1, ПК-3	Опрос
Характеристики двигателей малой тяги	ОПК-1, ПК-3	Опрос
Методы расчёта траекторий полёта космических аппаратов	ОПК-1, ПК-3	Опрос
Особенности проектирования миссий с использованием двигателей малой тяги	ОПК-1, ПК-3	Опрос
Оптимизация траекторий полёта с учётом ограничений	ОПК-1, ПК-3	Опрос
Анализ результатов моделирования и выбор наилучшей траектории	ОПК-1, ПК-3	Опрос
Разработка проектов миссий с двигателями малой тяг	ОПК-1, 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 вопросы для опроса:

Какие основные законы движения космических аппаратов существуют?

Что такое тяга двигателя и как она влияет на движение космического аппарата?

Какие типы двигателей малой тяги используются в космических аппаратах?

Как рассчитать траекторию полёта космического аппарата с учётом гравитационного поля Земли?

Какие факторы необходимо учитывать при проектировании миссий с использованием двигателей малой тяги?

Как оптимизировать траекторию полёта с учётом ограничений на массу топлива и время полёта?

Какие методы анализа результатов моделирования траектории полёта существуют?

Как выбрать наилучшую траекторию полёта для достижения цели миссии?

Какие ограничения необходимо учитывать при разработке проектов миссий с двигателями малой тяги?

Как оценить точность достижения цели миссии после моделирования траектории полёта?

В чём заключается особенность проектирования миссий, связанных с использованием двигателей малой тяги?

Какие параметры траектории полёта влияют на расход топлива и время работы двигателя?
Как определить оптимальную траекторию полёта космического аппарата с двигателем малой тяги?

Какие критерии оптимизации траектории полёта можно использовать?

Как учесть ограничения на массу, время и другие параметры при выборе оптимальной траектории?

Какие методы моделирования траекторий полёта космических аппаратов существуют?

Как провести анализ результатов моделирования траектории полёта и выбрать наилучший вариант?

Какие этапы разработки проекта миссии с двигателями малой тяги существуют?

Как разработать детальный план полёта с расчётом расхода топлива и времени работы двигателя?

Какие особенности проектирования миссий с использованием электрических двигателей малой тяги следует учитывать?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Основы теории движения космических аппаратов: основные законы и принципы.
2. Характеристики двигателей малой тяги: виды, принципы работы и применение в космических миссиях.
3. Методы расчёта траекторий полёта космических аппаратов с использованием двигателей малой тяги.
4. Особенности проектирования миссий с использованием электрических двигателей малой тяги.
5. Оптимизация траекторий полёта с учётом ограничений на массу топлива и время полёта.
6. Анализ результатов моделирования траектории полёта космического аппарата с двигателем малой тяги.
7. Выбор наилучшей траектории полёта для достижения цели миссии.
8. Разработка проектов миссий с двигателями малой тяги для исследования дальнего космоса.
9. Применение методов оптимизации для поиска наилучшей траектории полёта космического аппарата.
10. Влияние параметров траектории полёта на расход топлива и время работы двигателя.
11. Оценка точности достижения цели миссии после моделирования траектории полёта.
12. Проектирование миссий, связанных с использованием химических двигателей малой тяги.
13. Учёт ограничений на массу, время и другие параметры при выборе оптимальной траектории.
14. Моделирование траекторий полёта космических аппаратов с помощью современных программных средств.
15. Разработка детального плана полёта с расчётом расхода топлива и времени работы двигателя.

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 зачтено	Менее 55

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

Основная литература:

1. Минашин, А. Г. Основы теории и проектирования жидкостных ракетных двигателей малой тяги. Часть 2: учебное пособие / А. Г. Минашин, Б. Б. Петрикевич; под. ред. Б. Б. Петрикевича. - Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2015. - 48 с. - ISBN 978-5-7038-4015-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2160677>

Дополнительная литература:

1. Иванов, Н. М. Баллистика и навигация космических аппаратов: учебник / Н. М. Иванов, Л. Н. Лысенко. - 3-е изд. перераб. и доп. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2016. - 528 с. - ISBN 978-5-7038-4340-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1960950>

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

«Оптика и фотоника»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

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 оптики и фотоники»
 - 4.2. Программа дисциплины «Физика лазеров»
 - 4.3. Программа дисциплины «Флуоресцентная спектроскопия & Life Sciences»
 - 4.4. Программа дисциплины «Оптоэлектроника»
 - 4.5. Программа дисциплины «Нелинейная оптика»
 - 4.6. Программа дисциплины «Фотонные приборы»
 - 4.7. Программа дисциплины «Автоматизация оптического эксперимента»
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 фундаментальных физических принципов и современных методов фотоники, включая генерацию, усиление, модуляцию и детектирование оптического излучения в различных средах и структурах.
2. Изучение физических основ работы лазерных систем и нелинейно-оптических явлений для их применения в спектроскопии, сенсорике и обработке информации.
3. Формирование знаний о флуоресцентных методах исследования и их применении в биомедицинских и материаловедческих задачах.
4. Освоение принципов проектирования и функционирования оптоэлектронных и фотонных приборов (светодиоды, фотодетекторы, модуляторы, волноводные структуры) для наукоёмких технологий.
5. Приобретение навыков автоматизации оптических экспериментов, включая управление измерительным оборудованием, сбор и обработку экспериментальных данных.
6. Развитие способности применять методы математического моделирования для анализа оптических и фотонных систем, прогнозирования их характеристик и оптимизации параметров.
7. Формирование практических компетенций в области спектральных методов анализа и их применения для исследования структуры, состава и свойств веществ и материалов.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: физические принципы генерации, распространения, преобразования и регистрации оптического излучения, включая квантовые и волновые процессы; основы нелинейно-оптических явлений, физику лазеров, принципы работы фотонных приборов и оптоэлектронных устройств; теоретические и экспериментальные методы флуоресцентной спектроскопии и их применение в науках о жизни; подходы к автоматизации оптических измерений, методы сбора, обработки и анализа экспериментальных данных. Уметь: применять физико-математические методы для

		моделирования и анализа оптических и фотонных систем; проводить экспериментальные исследования с использованием современного оптического оборудования и лазерных систем; реализовывать спектральные методы для изучения свойств веществ и биологических объектов; автоматизировать измерительные процессы, управлять экспериментом с использованием современных программно-аппаратных средств, обрабатывать и интерпретировать результаты измерений; прогнозировать применение оптических и фотонных методов для решения междисциплинарных задач и представлять результаты для различных профессиональных аудиторий. Владеть: навыками теоретического анализа оптических процессов в различных средах и структурах; методами экспериментального исследования оптических свойств материалов с применением лазерных, спектральных и фотонных технологий; приёмами автоматизации оптических экспериментов, включая работу с измерительными комплексами, датчиками и программным обеспечением для сбора и обработки данных; способами интеграции знаний из физики, математики и смежных дисциплин для решения комплексных задач в области оптики, фотоники, оптоэлектроники и их приложений в наукоёмких технологиях.
ОПК-2. Способен организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные,	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний,	Знать: методологию организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований в области оптики и фотоники, включая планирование экспериментов, выбор методов и средств измерений; принципы построения и автоматизации оптических измерительных

с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	систем, включая лазерные, спектральные и флуоресцентные методы; подходы к междисциплинарным исследованиям на стыке физики, биологии, химии и материаловедения. Уметь: организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования с использованием современных оптических и фотонных методов; разрабатывать методики эксперимента, автоматизировать измерительные процессы, обрабатывать и интерпретировать полученные данные; прогнозировать применение знаний и методов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач в наукоёмких технологиях. Владеть: навыками самостоятельной постановки и проведения экспериментальных и теоретических исследований в области оптики и фотоники; методами интеграции знаний из различных областей физики, математики и смежных дисциплин для решения комплексных задач; способностью обосновывать выбор методов исследования, оценивать достоверность и надёжность полученных результатов, а также формулировать выводы и рекомендации для междисциплинарных проектов.
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований	Знать: подходы к анализу и прогнозированию применимости результатов научных исследований в области оптики и фотоники, а также методы интеграции физико-математических знаний для решения комплексных задач и ведения профессиональных дискуссий. Уметь: проводить анализ результатов научных исследований и

	исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	профессиональной деятельности в области оптики и фотоники, участвовать в дискуссиях о передовых методах и технологиях, а также описывать полученные результаты с использованием междисциплинарных подходов для различных профессиональных аудиторий. Владеть: навыками прогнозирования применимости результатов научной и профессиональной деятельности в области оптических и фотонных систем, методами комплексного анализа и оценки эффективности разрабатываемых решений, а также приемами междисциплинарного представления результатов исследований для различных категорий заинтересованных сторон.
ОПК-4. Способен инициировать проекты и управлять их реализацией в области своей профессиональной деятельности с учетом инновационного технологического и социально-экономического подходов.	ОПК-4.1. Использует знания теории проектной деятельности на практике для создания проектов и их реализации. ОПК-4.2. Прогнозирует результаты реализации проектов с учетом достижения инновационного технологического и социально-экономического показателей.	Знать: основы проектной деятельности, включая этапы жизненного цикла проекта, методы управления проектами в области высоких технологий; принципы оценки инновационного и социально-экономического потенциала проектов, связанных с разработкой оптических, лазерных, фотонных и оптоэлектронных систем и приборов; подходы к формированию технических заданий, планированию ресурсов и управлению рисками в инновационных проектах. Уметь: инициировать и разрабатывать концепции проектов в области оптики и фотоники, определять их цели, задачи и критерии успеха; оценивать реализуемость проектов, их технические риски, потенциальную коммерческую ценность и социально-экономическую эффективность; формировать проектные команды, распределять ресурсы и контролировать выполнение

		проектных задач; использовать современные методы управления проектами для реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области фотоники. Владеть: навыками разработки проектов от идеи до внедрения, включая подготовку технических заданий, планирование экспериментальных и теоретических исследований, оценку бюджетов и сроков; методами прогнозирования результатов проектов, включая оценку инновационного уровня разрабатываемых решений и их соответствия потребностям рынка; приёмами продвижения результатов проектов в научной и профессиональной среде, включая подготовку презентаций и защиту проектов перед заинтересованными сторонами.
--	--	--

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 оптики и фотоники».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области физических принципов и современных методов фотоники полупроводниковых структур, их применения в оптоэлектронике и спектральных исследованиях для решения научно-исследовательских и прикладных 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
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: фундаментальные физические законы и математические методы, лежащие в основе взаимодействия света с полупроводниковыми структурами, описания оптических процессов в материалах различной размерности, а также теоретические основы спектральных методов исследования веществ. Уметь: применять физико-математические подходы для анализа и интерпретации оптических явлений в полупроводниковых материалах, проводить спектральные исследования и обрабатывать полученные данные, а также осуществлять быстрый поиск, критический анализ и систематизацию специализированной информации в области оптики и фотоники. Владеть: навыками теоретического анализа оптических свойств полупроводниковых структур, методами обработки и интерпретации спектральных данных, приёмами интеграции

		знаний из различных разделов физики и математики для решения комплексных задач в области фотоники и оптоэлектроники.
--	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Избранные главы оптики и фотоники» 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.	Фотоника объемных полупроводниковых кристаллов	Сведения о зонной структуре важнейших полупроводниковых кристаллов. Экситонные возбуждения в кристаллах – общие представления. Экситон Ванье-Мотта. Спектры поглощения экситона в полупроводниковых кристаллах. Межзонные оптические переходы без учета экситонного эффекта. Межзонные оптические переходы с учетом экситонного эффекта. Экситоны во внешних полях. Экранирование экситонов. Температурные свойства экситонных состояний. Экситон-фононное взаимодействие и его спектральное проявление. Горячая люминесценция экситонов. Экситонный поляритон. Связывание экситонов в примесях. Свойства экситонов в приповерхностном слое кристалла. Эффекты сильного оптического возбуждения. Кристаллические твердые растворы.
2.	Фотоника полупроводниковых систем с пониженной	2D-системы с квантовыми ямами сверхрешетки. 1D-системы – квантовые нити (квантовые проволоки). 0D-мерные квантовые системы – квантовые точки.

	размерностью	
3.	Элементы полупроводниковой оптоэлектроники	Полупроводниковые лазеры. Светодиоды. Фотодетекторы.
4.	Спектральные методы исследования веществ	Абсорбционная спектроскопия. Эмиссионный спектральный анализ. Фотометрия пламени. Методы колебательной спектроскопии. ИК-спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния. Люминесцентный анализ. Рентгеновская спектроскопия. Радиоспектроскопические методы. Ядерная спектроскопия. Лазерная спектроскопия. Электронная спектроскопия. Вакуумная спектроскопия. УФ-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: Фотоника объемных полупроводниковых кристаллов

Вопросы для обсуждения: Зонная структура и типы оптических переходов в объемных полупроводниках. Межзонное поглощение и край фундаментального поглощения. Экситонные эффекты в объемных кристаллах. Оптические свойства полупроводников с прямой и непрямой запрещенной зоной. Влияние температуры и легирования на оптические спектры. Люминесценция объемных полупроводников.

Тема 2: Фотоника полупроводниковых систем с пониженной размерностью

Вопросы для обсуждения: Квантово-размерный эффект в низкоразмерных структурах: квантовые ямы, нити и точки. Изменение электронного спектра и плотности состояний. Оптические переходы в квантовых ямах и сверхрешетках. Экситоны в системах с пониженной размерностью.

Тема 3: Элементы полупроводниковой оптоэлектроники

Вопросы для обсуждения: Физические принципы работы светоизлучающих диодов (LED). Конструкции и характеристики полупроводниковых лазеров.

Тема 4: Спектральные методы исследования веществ

Вопросы для обсуждения: Люминесцентная спектроскопия: спектры возбуждения и испускания, квантовый выход. Спектроскопия комбинационного рассеяния: физические основы, применение для идентификации фаз и дефектов. Спектроскопия отражения и эллипсометрия. Методы модуляционной спектроскопии. Применение спектральных методов для характеристики полупроводниковых материалов и структур.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Фотоника объемных полупроводниковых кристаллов

Вопросы для обсуждения: Сведения о зонной структуре важнейших полупроводниковых кристаллов. Экситонные возбуждения в кристаллах – общие представления. Экситон Ванье-Мотта. Спектры поглощения экситона в полупроводниковых кристаллах. Межзонные оптические переходы без учета экситонного эффекта. Межзонные оптические переходы с учетом экситонного эффекта. Экситоны во внешних полях. Экранирование экситонов. Температурные свойства экситонных состояний. Экситон-фононное взаимодействие и его спектральное проявление. Горячая люминесценция экситонов. Экситонный поляритон. Связывание экситонов в примесях. Свойства

экситонов в приповерхностном слое кристалла. Эффекты сильного оптического возбуждения. Кристаллические твердые растворы.

Тема 2: Фотоника полупроводниковых систем с пониженной размерностью

Вопросы для обсуждения: 2D-системы с квантовыми ямами сверхрешетки. 1D-системы – квантовые нити (квантовые проволоки). 0D-мерные квантовые системы – квантовые точки.

Тема 3: Элементы полупроводниковой оптоэлектроники

Вопросы для обсуждения: Полупроводниковые лазеры. Светодиоды. Фотодетекторы.

Тема 4: Спектральные методы исследования веществ

Вопросы для обсуждения: Абсорбционная спектроскопия. Эмиссионный спектральный анализ. Фотометрия пламени. Методы колебательной спектроскопии. ИК-спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния. Люминесцентный анализ. Рентгеновская спектроскопия. Радиоспектроскопические методы. Ядерная спектроскопия. Лазерная спектроскопия. Электронная спектроскопия. Вакуумная спектроскопия. УФ-спектроскопия.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Фотоника объемных полупроводниковых кристаллов Фотоника полупроводниковых систем с пониженной размерностью Элементы полупроводниковой оптоэлектроники Спектральные методы исследования веществ
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Фотоника объемных полупроводниковых кристаллов Фотоника полупроводниковых систем с пониженной размерностью Элементы полупроводниковой оптоэлектроники Спектральные методы исследования веществ.

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
Фотоника объемных полупроводниковых кристаллов	ОПК-1	Тестирование
Фотоника полупроводниковых систем с пониженной размерностью	ОПК-1	Тестирование
Элементы полупроводниковой оптоэлектроники	ОПК-1	Тестирование
Спектральные методы исследования веществ	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:

Вопрос 1. Геометрический структурный фактор:

- А) не может быть использован для определения граничных плоскостей зоны Бриллюэна;
- Б) не является фурье-образом функции плотности атомов в решетке;
- В) не используется при определении концентрации свободных носителей;
- Г) не может быть использован при описании процессов рассеяния волн и частиц.

Вопрос 2. Отклонение химического потенциала электронного газа от энергии Ферми:

- А) не зависит от температуры;
- Б) обратно пропорционально температуре;
- В) пропорционально температуре;
- Г) пропорционально квадрату температуры;
- Д) пропорционально третьей степени температуры;
- Е) пропорционально четвертой степени температуры.

Вопрос 3. Плазменная частота – это:

- А) частота основной моды коллективных колебаний системы заряженных частиц;
- Б) частота колебаний отдельных заряженных частиц вокруг положений равновесия;
- В) частота электромагнитной волны, распространяющейся в заряженной среде.

Вопрос 4. Энергия Ферми пропорциональна концентрации частиц в степени:

- А) 0;
- Б) 1;
- В) 1/2;
- Г) 1/3;
- Д) 2/3;

Е) $3/4$;

Ж) $3/5$.

Вопрос 5. Для трехмерной решетки с пятью атомами в элементарной ячейке число оптических ветвей колебаний равно:

А) 2;

Б) 5;

В) 12;

Г) 15;

Д) 18.

Вопрос 6. Фактор Дебая – Уоллера с ростом температуры:

А) возрастает;

Б) убывает;

В) не изменяется.

Вопрос 7. Большие значения константы Фрелиха характерны для:

А) кристаллов типа Ge или Si;

Б) полупроводников типа A_3B_5 ;

В) ионных кристаллов.

Вопрос 8. В методе присоединенных плоских волн:

А) ищется точное решение уравнения Шредингера;

Б) ищется приближенное решение уравнения Шредингера с помощью теории возмущений;

В) выполняется минимизация функционала энергии с пробными функциями в виде присоединенных плоских волн.

Вопрос 9. В одномерной потенциальной яме:

А) всегда есть, по меньшей мере, один уровень размерного квантования;

Б) в очень мелкой потенциальной яме может не быть ни одного уровня размерного квантования;

В) если ширина ямы меньше некоторого критического значения, уровень размерного квантования существует при любой глубине ямы;

Г) если ширина ямы больше некоторого критического значения, уровень размерного квантования существует при любой глубине ямы (*вес 2*).

Вопрос 10. Влияние постоянного внешнего электрического поля на поглощение света в экситонной области спектра в квантовых ямах в поле, параллельном оси роста гетероструктуры:

А) незначительно;

Б) сводится, главным образом, к уширению экситонных пиков;

В) сводится, главным образом, к «красному» сдвигу экситонных пиков;

Г) сводится, главным образом, к «синему» сдвигу экситонных пиков.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

- 1) Кристаллы с непрямым межзонным переходом.
- 2) Кристаллы с прямым межзонным переходом.
- 3) Общие представления об экситонных возбуждениях в кристаллах.
- 4) Модель экситона большого радиуса.
- 5) Параметры экситонов большого радиуса.
- 6) Эффективная диэлектрическая проницаемость.
- 7) Уровни энергии и спектр поглощения экситона.
- 8) Спектры поглощения кубических кристаллов.
- 9) Спектры поглощения анизотропных кристаллов.
- 10) Матричный элемент перехода «зона – зона» и коэффициент поглощения.
- 11) Прямой разрешенный и запрещенный переходы. Непрямой переход.

- 12) Межзонные оптические переходы с учетом экситонного эффекта.
- 13) Экситонные переходы высокой мультиплетности.
- 14) Экситон в магнитном поле.
- 15) Экситон в электрическом поле.
- 16) Экранирование экситонов.
- 17) Температурные свойства экситонных состояний.
- 18) Горячая люминесценция экситонов.
- 19) Экситонный поляритон без учета пространственной дисперсии.
- 20) Пространственная дисперсия и ее влияние на поляритон.
- 21) Типы экситонно-примесных комплексов и их параметры.
- 22) Магнитооптика экситонно-примесных комплексов.
- 23) Свойства экситонов в приповерхностном слое кристалла.
- 24) Электронно-дырочная жидкость.
- 25) Биэкситоны.
- 26) Кристаллические твердые растворы и оптические методы их исследования.
- 27) Электронные волновые функции, плотность состояний и энергетические уровни 2D-системы.
- 28) Экситонные состояния в двумерных квантовых ямах.
- 29) Интерфейсы в 2D-системах.
- 30) 1D-системы – квантовые нити.
- 31) 0D-системы – квантовые точки.
- 32) Полупроводниковые лазеры.
- 33) Светодиоды.
- 34) Фотодетекторы.
- 35) Фотометрический анализ. Атомная абсорбционная спектроскопия
- 36) Происхождение эмиссионных спектров. Источник возбуждения. Качественный и количественный анализ. Схема проведения АЭСА. Аппаратура, используемая в анализе.
- 37) Чувствительность анализа методом фотометрии пламени. Количественное определение элементов. Измерение интенсивности излучения. Методы определения концентрации растворов в фотометрии пламени.
- 38) Классификация и величины, характеризующие люминесцентное излучение. Основы люминесцентного метода. Аппаратура, используемая в анализе.
- 39) Рентгено-эмиссионный и рентгенофлуоресцентный анализ.
- 40) Рентгено-абсорбционный анализ. Оже-спектроскопия.
- 41) Метод электронного парамагнитного резонанса.
- 42) Метод ядерного магнитного резонанса.
- 43) Метод ядерного квадрупольного резонанса.
- 44) Спектры ИК и комбинационного рассеяния. Аппаратура, используемая в анализе.
- 45) Метод лазерной спектроскопии.
- 46) Методы альфа- и бета-спектроскопии.
- 47) Методы гамма- и гамма-резонансной спектроскопии.
- 48) Метод нейтронной спектроскопии.
- 49) Метод фотоэлектронной спектроскопии.
- 50) Метод спектроскопии характеристических потерь энергии электронов.
- 51) Метод вакуумной спектроскопии.
- 52) Метод УФ-спектроскопии.

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. Салех, Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения: учебное пособие: в 2 т. / Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В. Л. Дербова. – Долгопрудный: Интеллект, 2026. – Т. 1. – 680 с. – ISBN 978-5-91559-134-8. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477383>

Дополнительная литература:

1. Варданян, В. А. Полупроводниковая фотоника в телекоммуникациях: учебное пособие для вузов / В. А. Варданян. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – 284 с. – ISBN 978-5-507-52344-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/488954>

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: «Физика лазеров».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах генерации, усиления и распространения лазерного излучения, теоретических основах работы лазерных систем, их типах и режимах функционирования, а также практических навыков применения лазерных технологий в научных исследованиях, технологических процессах и медицине для решения прикладных 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
ОПК-4. Способен инициировать проекты и управлять их реализацией в области своей профессиональной деятельности с учетом инновационного технологического и социально-экономического подходов	ОПК-4.1. Использует знания теории проектной деятельности на практике для создания проектов и их реализации. ОПК-4.2. Прогнозирует результаты реализации проектов с учетом достижения инновационного технологического и социально-экономического показателей.	Знать: физические принципы работы лазерных систем, современные лазерные технологии и их применение, а также основы проектной деятельности, включая методы инициации, планирования и управления проектами в области лазерной физики и фотонных технологий. Уметь: инициировать и разрабатывать проекты в области лазерных технологий, определять их цели, оценивать технические риски, коммерческий потенциал и социально-экономическую эффективность, формировать команды и управлять ресурсами для достижения поставленных задач. Владеть: навыками разработки проектов от идеи до внедрения, методами прогнозирования инновационных и экономических результатов, а также приёмами презентации и защиты проектов перед заинтересованными сторонами.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика 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), 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	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:

Тема 2: Полуклассическая теория излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения:

Тема 3: Основы квантовой теории излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения:

Тема 4: Открытые резонаторы

Вопросы для обсуждения:

Тема 5: Общая теория квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения:

Тема 6: Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Современные инновационные лазерные системы

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров

Вопросы для обсуждения:

Тема 9: Типы технологических лазеров

Вопросы для обсуждения:

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение

Вопросы для обсуждения: История развития квантовой электроники, пути ее становления, современное состояние и пути дальнейшего совершенствования.

Тема 2: Полуклассическая теория излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Постулаты Эйнштейна. Понятие индуцированных переходов. Коэффициенты Эйнштейна и связь между ними. Формула Планка.

Тема 3: Основы квантовой теории излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: 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

Тема 4: Открытые резонаторы

Вопросы для обсуждения: Роль резонаторов. Переход к коротким волнам. Прореживание спектра в открытых резонаторах. Число Френеля. Продольные и поперечные моды. Типы открытых резонаторов. Понятие устойчивости. Неустойчивые резонаторы.

Тема 5: Общая теория квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения: 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

Тема 6: Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения: 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.

Тема 7: Современные инновационные лазерные системы

Вопросы для обсуждения: 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.

Тема 8: Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров

Вопросы для обсуждения: 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.

Тема 9: Типы технологических лазеров

Вопросы для обсуждения: Твердотельные технологические лазеры. CO₂ лазеры различных типов. Эксимерные и полупроводниковые лазеры. Характеристики технологических лазеров. Достоинства и недостатки технологических лазеров. Области применения в современных технологиях.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: История развития квантовой электроники 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. Технологические процессы с применением лазеров Типы

технологических лазеров.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: История развития квантовой электроники. 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. Технологические процессы с применением лазеров. Типы технологических лазеров.

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
Введение	ОПК-1	Тестирование
Полуклассическая теория излучения и поглощения	ОПК-1	Тестирование
Основы квантовой теории излучения и поглощения	ОПК-1	Тестирование
Открытые резонаторы	ОПК-1	Тестирование
Общая теория квантовых генераторов	ОПК-1	Тестирование
Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов	ОПК-1	Тестирование
Современные инновационные лазерные системы	ОПК-1	Тестирование
Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров	ОПК-1	Тестирование
Типы технологических лазеров	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 «Полуклассическая теория излучения и поглощения»

1. **Какое излучение возникает при самопроизвольном переходе атома из возбуждённого состояния в основное без внешнего воздействия?**
 - а) Вынужденное излучение
 - б) Спонтанное излучение
 - в) Индуцированное излучение
 - г) Когерентное излучение
2. **Какой процесс лежит в основе усиления света в лазерах?**
 - а) Спонтанное излучение
 - б) Поглощение света
 - в) Вынужденное излучение
 - г) Комбинационное рассеяние
3. **Коэффициент Эйнштейна A характеризует:**
 - а) Вероятность поглощения фотона в единицу времени
 - б) Вероятность вынужденного излучения
 - в) Вероятность спонтанного излучения
 - г) Сечение поглощения
4. **Коэффициент Эйнштейна B₁₂ характеризует:**
 - а) Вероятность спонтанного излучения
 - б) Вероятность поглощения фотона
 - в) Вероятность вынужденного излучения
 - г) Время жизни возбуждённого состояния
5. **Связь между коэффициентами Эйнштейна для двухуровневой системы имеет вид:**
 - а) $A/B = (8\pi h\nu^3)/c^3$
 - б) $A/B = (8\pi h\nu^3)/c^3 \cdot (g_1/g_2)$
 - в) $B_{12} = B_{21}$
 - г) $A = B \cdot h\nu$

6. **Формула Планка для спектральной плотности энергии излучения описывает:**
- а) Распределение атомов по уровням энергии
 - б) Равновесное излучение абсолютно чёрного тела
 - в) Спектр лазерного излучения
 - г) Интенсивность вынужденного излучения
7. **Для усиления света в активной среде необходимо:**
- а) $N_1 > N_2$
 - б) $N_2 > N_1$
 - в) $N_1 = N_2$
 - г) $N_2 = 0$
8. **В состоянии термодинамического равновесия населённости уровней подчиняются:**
- а) Распределению Максвелла
 - б) Распределению Больцмана
 - в) Распределению Ферми-Дирака
 - г) Распределению Бозе-Эйнштейна
9. **Доплеровское уширение спектральных линий относится к:**
- а) Однородному уширению
 - б) Неоднородному уширению
 - в) Естественному уширению
 - г) Столкновительному уширению
10. **Закон Бугера-Ламберта-Бера для интенсивности света в среде с усилением записывается как:**
- а) $I(z) = I_0 \exp(-\alpha z)$
 - б) $I(z) = I_0 \exp(\gamma z)$
 - в) $I(z) = I_0 (1 - \exp(-\alpha z))$
 - г) $I(z) = I_0 / (1 + \gamma z)$
11. **Какой параметр определяет вероятность вынужденного перехода в единицу времени?**
- а) Коэффициент Эйнштейна А
 - б) Коэффициент Эйнштейна В, умноженный на спектральную плотность энергии излучения
 - в) Сечение поглощения
 - г) Время жизни уровня
12. **В полуклассической теории излучения и поглощения:**
- а) И поле, и атомы описываются квантовомеханически
 - б) Поле описывается классически, атомы — квантовомеханически
 - в) Атомы описываются классически, поле — квантовомеханически
 - г) И поле, и атомы описываются классически
13. **Условие самовозбуждения лазера соответствует:**
- а) Коэффициенту усиления, равному коэффициенту потерь
 - б) Полной инверсии населённостей
 - в) Максимальному коэффициенту поглощения
 - г) Нулевой населённости верхнего уровня
14. **Ширина естественной спектральной линии определяется:**
- а) Скоростью движения атомов
 - б) Временем жизни возбуждённого состояния
 - в) Концентрацией атомов
 - г) Температурой среды
15. **Какое из утверждений о вынужденном излучении является верным?**
- а) Вынужденное излучение когерентно с падающей волной
 - б) Вынужденное излучение некогерентно

- в) Вынужденное излучение всегда слабее спонтанного
 г) Вынужденное излучение не зависит от интенсивности падающей волны

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Уравнения Максвелла. Плоская электромагнитная волна, ее параметры.
2. Факторы, определяющие когерентность электромагнитных волн. Пространственная и временная когерентность, Опыты Майкельсона и Юнга.
3. Когерентность фотонов. Функция когерентности. Интерференция одного фотона.
4. Трехуровневая система генерации. Кинетические уравнения. Основные особенности. Рубиновый лазер.
5. Квантовые процессы в двухуровневой системе. Уравнения Эйнштейна. Формула Планка.
6. Понятие температуры в квантовых системах. Отрицательная температура и инверсия населенностей.
7. Когерентные многофотонные процессы. Законы сохранения в когерентных процессах.
8. Свет как фотонный коллектив. Свойства фотонов. Разложение поля на осцилляторы.
9. Квантование фотонного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов.
10. Методы создания инверсии населенностей в молекулярных лазерах. Сравнительные характеристики.
11. Фотонная структура процессов взаимодействия. Многофотонные процессы. Виртуальные переходы.
12. Общая теория квантовых генераторов (волновой аспект).
13. Общая теория квантовых генераторов (квантовый аспект).
14. Полная система уравнений квантового генератора. Укороченные (кинетические) уравнения.
15. Открытые резонаторы. Число типов колебаний в резонаторе.
16. Типы открытых резонаторов. Условие устойчивости. Конфокальный и плоский резонаторы.
17. Селекция типов колебаний в открытых резонаторах. Одномодовый режим.
18. Спектральные характеристики открытых резонаторов. Продольные моды. Понятие добротности.
19. Поперечная структура поля в открытом резонаторе. Поперечные моды.
20. Атомарные газовые лазеры.
21. Молекулярные газовые лазеры.
22. Химические лазеры.
23. Твердотельные лазеры.
24. Лазеры на красителях.
25. Модуляция добротности. Синхронизация мод.
26. Техника сверхкоротких импульсов и ее применение.
27. Твердотельные технологические лазеры.
28. CO₂ лазеры различных типов.
29. Эксимерные и полупроводниковые лазеры.
30. Характеристики технологических лазеров.
31. Достоинства и недостатки технологических лазеров.
32. Области применения в современных технологиях.

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. 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 978-5-8114-8994-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/330503>
2. 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. Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники: учебное пособие / Б. Н. Пойзнер; Национальный исследовательский Томский государственный университет. – 2-е изд., доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 160 с. – (Высшее образование: Магистратура). – ISBN 978-5-16-012817-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/74573>

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: «Флуоресцентная спектроскопия & Life Sciences».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области флуоресцентной спектроскопии как фундаментального оптического метода исследования живых систем, достаточных для самостоятельной постановки и проведения научно-исследовательских экспериментов, интерпретации полученных данных и разработки наукоёмких технологий диагностики на стыке физики, биофизики и молекулярной биологии.

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-4. Способен инициировать проекты и управлять их реализацией в области своей профессиональной деятельности с учетом инновационного технологического и социально-экономического подходов	ОПК-4.1. Использует знания теории проектной деятельности на практике для создания проектов и их реализации. ОПК-4.2. Прогнозирует результаты реализации проектов с учетом достижения инновационного технологического и социально-экономического показателей.	Знать: физико-химические основы флуоресцентных методов и принципы проектного управления научными исследованиями. Уметь: выбирать и обосновывать выбор оптимальных флуоресцентных методик для решения биомедицинских задач и разрабатывать планы экспериментов с прогнозированием их научно-технических и социально-экономических результатов. Владеть: практическими навыками работы на флуоресцентном оборудовании и обработки экспериментальных данных, а также компетенциями управления проектами (планирование, контроль сроков, подготовка отчётной документации).

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Флуоресцентная спектроскопия & Life Sciences» 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.	Физические основы флуоресцентной спектроскопии	Поглощение света и электронные переходы. Диаграмма Яблонского, правила Кáши и Стокса. Спектры возбуждения и испускания. Время жизни флуоресценции и квантовый выход. Зависимость флуоресценции от среды (температура, вязкость, полярность).
2.	Инструментальное обеспечение и методы измерений	Стационарная и времяразрешённая флуоресцентная спектроскопия. Спектрофлуориметры: источники света, монохроматоры, детекторы. Метод счёта одиночных фотонов (TCSPC). Измерение и коррекция спектров возбуждения и испускания.
3.	Времяразрешённая флуоресцентная спектроскопия и анизотропия	Измерение времени жизни флуоресценции. Мультиэкспоненциальный анализ. Поляризация флуоресценции и анизотропия, её связь с вращательной диффузией. Изучение размеров и взаимодействий макромолекул.
4.	Флуоресцентный резонансный перенос энергии (FRET)	Механизм безызлучательного переноса энергии. Зависимость эффективности FRET от расстояния. Спектральное перекрытие. Применение для изучения белок-белковых взаимодействий, конформационных изменений in vitro и in vivo.
5.	Флуоресцентное тушение и корреляционная спектроскопия	Механизмы тушения: динамическое и статическое. Принципы флуоресцентной корреляционной спектроскопии. Определение коэффициентов диффузии, концентраций и констант связывания.
6.	Флуоресцентная микроскопия и визуализация	Конфокальная и многофотонная микроскопия. Сверхразрешающая микроскопия. Флуоресцентная визуализация живых клеток и тканей.
7.	Флуоресцентные зонды и применение в Life	Типы флуорофоров: органические красители, флуоресцентные белки (GFP), квантовые точки.

	Sciences	Биосенсоры на основе флуоресценции. Применение в диагностике, высокопроизводительном скрининге, изучении клеточных процессов (апоптоз, сигнальные пути, мембранный транспорт).
--	----------	--

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 флуоресцентной спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Диаграмма Яблонского. Правила Кэши и Стокса. Спектры возбуждения и испускания. Квантовый выход. Время жизни флуоресценции. Влияние полярности, вязкости и температуры. Зависимость спектров от микроокружения.

Тема 2: Инструментальное обеспечение и методы измерений

Вопросы для обсуждения: Спектрофлуориметр. Источники возбуждения. Монохроматоры. Детекторы. Стационарная спектроскопия. Времяразрешённая спектроскопия. Метод счёта одиночных фотонов (TCSPC). Коррекция спектров.

Тема 3: Времяразрешённая флуоресцентная спектроскопия и анизотропия

Вопросы для обсуждения: Кривые затухания флуоресценции. Мультиэкспоненциальный анализ. Время жизни. Вращательная диффузия. Флуоресцентная анизотропия. Время вращательной корреляции. Связь с размером и формой макромолекул.

Тема 4: Флуоресцентный резонансный перенос энергии (FRET)

Вопросы для обсуждения: Безызлучательный перенос энергии. Спектральное перекрытие. Зависимость от расстояния. Применение для белок-белковых взаимодействий и конформационных изменений.

Тема 5: Флуоресцентное тушение и корреляционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Динамическое тушение (столкновительное). Уравнение Штерна-Фольмера. Константа тушения. Флуоресцентная корреляционная спектроскопия (FCS). Автокорреляционная функция. Коэффициент диффузии. Концентрация молекул.

Тема 6: Флуоресцентная микроскопия и визуализация

Вопросы для обсуждения: Конфокальная микроскопия. Многофотонная микроскопия. Сверхразрешающая микроскопия (STED, STORM, PALM). FLIM (Fluorescence Lifetime Imaging). FRAP (Fluorescence Recovery After Photobleaching).

Тема 7: Флуоресцентные зонды и применение в Life Sciences

Вопросы для обсуждения: Органические красители. Флуоресцентные белки (GFP, YFP). Квантовые точки. Методы мечения биомолекул. Флуоресцентные биосенсоры. Диагностика заболеваний. Высокопроизводительный скрининг. Изучение клеточных процессов (апоптоз, сигнальные пути, мембранный транспорт).

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Физические основы флуоресцентной спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Построение диаграммы Яблонского для выбранного флуорофора. Расчёт квантового выхода по интегральным спектрам испускания и поглощения. Анализ влияния растворителя на положение максимумов спектров.

Тема 2: Инструментальное обеспечение и методы измерений

Вопросы для обсуждения: Настройка спектрофлуориметра для регистрации спектров возбуждения и испускания. Калибровка прибора по длинам волн и фотометрической шкале.

Выбор оптимальных параметров для измерения времени жизни флуоресценции.

Тема 3: Времыразрешённая флуоресцентная спектроскопия и анизотропия

Вопросы для обсуждения: Обработка кривых затухания флуоресценции с использованием мультиэкспоненциальной аппроксимации. Измерение анизотропии и расчёт времени вращательной корреляции. Определение гидродинамического радиуса макромолекул.

Тема 4: Флуоресцентный резонансный перенос энергии (FRET)

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективности FRET по изменению интенсивности донора. Определение расстояния между донором и акцептором по эффективности переноса. Интерпретация FRET-данных для изучения белок-белковых взаимодействий.

Тема 5: Флуоресцентное тушение и корреляционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Построение графика Штерна-Фольмера и определение константы тушения. Оценка доступности флуорофора для молекул тушителя. Проведение FCS-измерений и расчёт коэффициента диффузии. Анализ автокорреляционных функций.

Тема 6: Флуоресцентная микроскопия и визуализация

Вопросы для обсуждения: Настройка конфокального микроскопа для визуализации живых клеток. Получение FLIM-изображений и анализ распределения времён жизни. Проведение FRAP-эксперимента для изучения подвижности белков.

Тема 7: Флуоресцентные зонды и применение в Life Sciences

Вопросы для обсуждения: Выбор флуорофора для специфического мечения биомолекул. Разработка эксперимента по изучению клеточного сигналинга с использованием флуоресцентных зондов. Интерпретация литературных данных по применению флуоресценции в биомедицинской диагностике.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: электронные переходы и правила отбора; Стоксов сдвиг и правило зеркальной симметрии; квантовый выход и время жизни флуоресценции; интеркомбинационная конверсия и фосфоресценция; основы поляризации и анизотропии; принципы FRET и флуоресцентного тушения.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт квантового выхода и времени жизни по кинетическим константам; определение параметров анизотропии при вращательной диффузии; вычисление эффективности FRET по спектральному перекрытию и расстоянию; обработка кривых затухания флуоресценции; анализ концентрационных зависимостей при тушении (уравнение Штерна-Фольмера).
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: фотофизические процессы в диаграмме Яблонского; взаимосвязь спектров поглощения, возбуждения и флуоресценции; методы измерения времени жизни и поляризации; применение FRET и корреляционной спектроскопии в биологических системах; интерпретация результатов флуоресцентных экспериментов для задач Life Sciences.

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 флуоресцентной спектроскопии	ОПК-4	Тестирование
Инструментальное обеспечение и методы измерений	ОПК-4	Тестирование
Времяразрешённая флуоресцентная спектроскопия и анизотропия	ОПК-4	Тестирование
Флуоресцентный резонансный перенос энергии (FRET)	ОПК-4	Тестирование
Флуоресцентное тушение и корреляционная спектроскопия	ОПК-4	Тестирование
Флуоресцентная микроскопия и визуализация	ОПК-4	Тестирование
Флуоресцентные зонды и применение в Life Sciences	ОПК-4	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 флуоресцентной спектроскопии»:

1. Какой из перечисленных переходов разрешён по правилам отбора для поглощения света?

- А) $S_0 \rightarrow T_1$
- Б) $S_0 \rightarrow S_1$
- В) $T_1 \rightarrow S_0$
- Г) $S_1 \rightarrow T_1$

2. Стоксов сдвиг – это:

- А) разность между максимумами поглощения и флуоресценции
- Б) сдвиг спектра флуоресценции в коротковолновую область
- В) увеличение квантового выхода при понижении температуры
- Г) расщепление электронных уровней в магнитном поле

3. Какое состояние является наименьшим по энергии среди возбуждённых электронных состояний?

- А) S_2
- Б) S_1
- В) T_1
- Г) T_2

4. Внутренняя конверсия – это:

- А) безызлучательный переход между состояниями одинаковой мультиплетности
- Б) излучательный переход между синглетным и триплетным состояниями
- В) переход между колебательными подуровнями одного электронного состояния
- Г) переход с переносом заряда

5. Квантовый выход флуоресценции определяется как:

- А) отношение числа поглощённых фотонов к числу излученных
- Б) отношение числа излученных фотонов к числу поглощённых
- В) отношение интенсивности флуоресценции к интенсивности рассеяния
- Г) произведение времени жизни на константу скорости излучения

6. Какой процесс конкурирует с флуоресценцией и приводит к её тушению?

- А) интеркомбинационная конверсия
- Б) вращательная релаксация
- В) колебательная релаксация
- Г) резонансное поглощение

7. Правило зеркальной симметрии выполняется для:

- А) спектров поглощения и флуоресценции
- Б) спектров поглощения и фосфоресценции
- В) спектров возбуждения и поглощения
- Г) спектров флуоресценции при разных температурах

8. Время жизни флуоресценции (τ) связано с константами скоростей излучательных (k_r) и безызлучательных (k_{nr}) процессов соотношением:

- А) $\tau = 1 / (k_r + k_{nr})$
- Б) $\tau = (k_r + k_{nr}) / (k_r \cdot k_{nr})$
- В) $\tau = k_r / k_{nr}$
- Г) $\tau = k_r + k_{nr}$

9. Интеркомбинационная конверсия – это переход между:

- А) состояниями разной мультиплетности
- Б) колебательными уровнями одного электронного состояния
- В) состояниями одинаковой мультиплетности
- Г) уровнями с разной спиновой ориентацией только в магнитном поле

10. Эффект Каша заключается в том, что:

- А) форма спектра флуоресценции не зависит от длины волны возбуждения (при условии

быстрой колебательной релаксации)

Б) квантовый выход растёт с увеличением вязкости растворителя

В) спектр флуоресценции сдвигается в красную область при увеличении полярности растворителя

Г) время жизни флуоресценции уменьшается при повышении температуры

11. Фосфоресценция, в отличие от флуоресценции, характеризуется:

А) большей продолжительностью (секунды и более)

Б) меньшей продолжительностью (наносекунды)

В) отсутствием Стоксова сдвига

Г) линейной зависимостью интенсивности от мощности возбуждения

12. Какое из утверждений о поляризации флуоресценции верно?

А) поляризация максимальна, когда молекула не вращается за время жизни возбуждённого состояния

Б) поляризация максимальна при быстром вращении молекулы

В) поляризация не зависит от вязкости растворителя

Г) поляризация всегда равна 0 для малых молекул

13. Закон Ламберта-Бера для флуоресценции используется для:

А) определения концентрации флуорофора по интенсивности поглощения

Б) расчёта времени жизни по затуханию

В) определения квантового выхода

Г) оценки степени поляризации

14. Какое из следующих утверждений о спектре возбуждения флуоресценции верно?

А) спектр возбуждения соответствует спектру поглощения флуорофора (при постоянном квантовом выходе)

Б) спектр возбуждения всегда смещён относительно спектра поглощения

В) спектр возбуждения не зависит от длины волны регистрации флуоресценции

Г) спектр возбуждения измеряется при фиксированной длине волны поглощения

15. Константа скорости излучательного перехода (k_r) связана с временем жизни и квантовым выходом (Φ) соотношением:

А) $k_r = \Phi / \tau$

Б) $k_r = \tau / \Phi$

В) $k_r = \Phi \cdot \tau$

Г) $k_r = 1 / (\Phi \cdot \tau)$

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

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	отлично	зачтен	86-100

		уровень. 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. Васильева, В. И. Спектральные методы анализа. Практическое руководство: учебное пособие / В. И. Васильева, О. Ф. Стоянова, И. В. Шкутина, С. И. Карпов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1638-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211631>

Дополнительная 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. — 180 с. — ISBN 978-5-7638-3941-8. — Текст: электронный // Знаниум: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/read?id=342155>

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: «Оптоэлектроника».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области физических основ оптоэлектроники, современных методов генерации, преобразования и детектирования оптического излучения, а также навыков применения оптоэлектронных приборов и систем для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач в сфере 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
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	Знать: фундаментальные физические принципы генерации, распространения, детектирования и управления оптическим излучением, а также современные методы математического моделирования оптоэлектронных процессов, позволяющие оценивать применимость полученных результатов для решения задач наукоёмких технологий. Уметь: анализировать и интерпретировать результаты научных исследований в области оптоэлектроники с привлечением аппарата физики твёрдого тела, квантовой физики и электродинамики, критически оценивать передовые методы и технологии, участвовать в профессиональных дискуссиях, а также прогнозировать области практического применения оптоэлектронных приборов и систем в междисциплинарных задачах. Владеть: навыками комплексного анализа оптоэлектронных объектов и явлений, методиками экспериментального и расчётного исследования характеристик

		приборов, а также способами представления полученных данных с использованием подходов из различных областей физики и смежных наук для обоснования выводов и рекомендаций в профессиональной деятельности.
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Оптоэлектроника» 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. Физические основы оптоэлектроники	Предмет, задачи и место оптоэлектроники в современной физике и наукоемких технологиях. Достоинства оптоэлектронных приборов и систем. Классификация оптоэлектронных устройств и их основных элементов. Повторение элементов зонной теории твердого тела: зонная структура, механизмы рекомбинации носителей заряда, прямозонные и непрямозонные полупроводники.
2	Распространение и преобразование оптического излучения в средах	Волновая оптика и взаимодействие света с веществом. Прохождение излучения через оптические среды. Физические основы распространения световых волн в многослойных диэлектрических средах планарного

		типа. Методы расчета амплитудных и энергетических коэффициентов отражения и пропускания многослойных структур. Формирование, расчет и взаимодействие волновых мод в волноводных структурах. Свойства запрещенных зон в периодических слоистых структурах (фотонные кристаллы). Методы ввода и вывода излучения в планарные диэлектрические волноводы.
3	Источники оптического излучения	Общая характеристика источников света. Спонтанное и стимулированное излучение. Принцип работы и условия лазерной генерации. Методы накачки лазеров. Газовые, твердотельные и полупроводниковые лазеры: сравнительная характеристика, достоинства, недостатки и области применения. Инжекционные лазеры с гомо- и гетеропереходами. Эффекты электронного и оптического ограничения. Лазеры с распределенной обратной связью (DFB) и с вертикальным резонатором (VCSEL). Светодиоды: принцип работы, достоинства и недостатки.
4	Фотоприемники и детекторы оптического излучения	Типы фотоприемников и их основные характеристики: чувствительность, быстродействие, обнаружительная способность, спектральный диапазон. Приемники с внешним фотоэффектом: фотоэлементы, фотоэлектронные умножители (ФЭУ). Приемники с внутренним фотоэффектом: фоторезисторы, фотодиоды. Шумы фотоприемников. Методы приема модулированного оптического излучения. Приемники оптических изображений. Электронно-оптические преобразователи. Современные фотоматрицы для видимого и ИК-диапазонов. Сверхпроводниковые однофотонные детекторы.
5	Методы управления параметрами оптического излучения	Физические эффекты для управления излучением: электрооптический эффект Поккельса, фотоупругий эффект, магнитооптический эффект Фарадея. Прямая модуляция светодиодов и инжекционных лазеров. Применение продольного и поперечного электрооптического эффекта для модуляции света. Фазовая, поляризационная модуляция и модуляция по интенсивности. Основные характеристики электрооптических модуляторов: полоса частот модуляции, потребляемая мощность, динамический диапазон. Акустооптические модуляторы и дефлекторы.
6	Материалы и элементы оптоэлектроники для наукоемких технологий	Материалы для создания оптических волноводов, лазеров и фотоприемников. Приборы на основе наноструктур: углеродные нанотрубки, графен, квантовые точки и квантовые ямы. Сверхпроводниковые наноструктуры и приборы на их основе. Экситонные эффекты в структурах пониженной размерности. Принципы и примеры моделирования и расчета параметров оптоэлектронных наноструктур

7	Применение оптоэлектроники в наукоемких технологиях	Оптоэлектронные системы в волоконно-оптической связи, передачи, приема и хранения информации. Применение в сенсорике и системах мониторинга. Оптоэлектронные устройства в медицинской диагностике, биомедицинских технологиях и экологическом мониторинге. Использование оптоэлектроники в квантовых технологиях (квантовая сенсорика, однофотонные источники и детекторы). Перспективные направления развития оптоэлектроники и фотоники.
---	---	--

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. Физические основы оптоэлектроники

Вопросы для обсуждения: Предмет оптоэлектроники и её связь с квантовой физикой и физикой твёрдого тела. Зонная структура полупроводников, прямые и непрямые межзонные переходы.

Тема 2: Распространение и преобразование оптического излучения в средах

Вопросы для обсуждения: Волноводное распространение света и типы мод в планарных структурах. Дисперсионные свойства мод и условия фазового синхронизма. Условия ввода и вывода излучения: призмный, решёточный и торцевой ввод.

Тема 3: Источники оптического излучения

Вопросы для обсуждения: физические принципы работы полупроводниковых лазеров и светодиодов. Гомо- и гетеропереходы, эффекты электронного и оптического ограничения.

Тема 4: Фотоприемники и детекторы оптического излучения

Вопросы для обсуждения: Классификация фотодетекторов по типу фотоэффекта: внешний и внутренний. Фотодиоды p-i-n и лавинные, фоторезисторы: спектральная чувствительность, быстродействие, квантовая эффективность, шумы.

Тема 5: Методы управления параметрами оптического излучения

Вопросы для обсуждения: Электрооптический эффект Поккельса для фазовой и поляризационной модуляции. Основные характеристики модуляторов: полоса частот, управляющее напряжение, динамический диапазон, вносимые потери.

Тема 6: Материалы и элементы оптоэлектроники для наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Низкоразмерные структуры: квантовые ямы, нити и точки – изменение плотности состояний и спектральных характеристик. Графен и углеродные нанотрубки: проводимость, прозрачность, фотолюминесценция.

Тема 7: Применение оптоэлектроники в наукоемких технологиях

Вопросы для обсуждения: Оптоэлектронные сенсоры газовые, биологические, температурные на основе интерферометров и резонансных структур.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение. Физические основы оптоэлектроники

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентрации носителей в собственном и легированном полупроводнике по закону действующих масс.

Тема 2: Распространение и преобразование оптического излучения в средах

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективного показателя преломления и числа мод в планарном волноводе. Построение дисперсионных кривых для мод. Определение углов синхронизма для призмного ввода излучения. Расчёт коэффициентов отражения и пропускания многослойных диэлектрических покрытий.

Тема 3: Источники оптического излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт порогового тока инжекционного лазера в приближении параболических зон. Определение внешней квантовой эффективности светодиода по ватт-амперной характеристике. Оценка ширины спектральной линии лазера по добротности резонатора.

Тема 4: Фотоприемники и детекторы оптического излучения

Вопросы для обсуждения: Определение отношения сигнал/шум при заданном уровне оптической мощности. Оценка предельной частоты модуляции по времени пролёта и ёмкости перехода.

Тема 5: Методы управления параметрами оптического излучения

Вопросы для обсуждения: Анализ искажений сигнала при прямой модуляции лазера и расчёт частоты релаксационных колебаний.

Тема 6: Материалы и элементы оптоэлектроники для наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Расчёт уровней энергии электрона в квантовой яме с бесконечными стенками. Сравнение спектральных положений пиков фотолюминесценции для квантовых точек и объёмного полупроводника.

Тема 7: Применение оптоэлектроники в наукоемких технологиях

Вопросы для обсуждения: Расчёт затухания и хроматической дисперсии в оптическом волокне. Оценка дальности связи по бюджету мощности с учётом потерь на разъёмах и сварках.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: физические основы оптоэлектроники, распространение излучения в волноводах и фотонных кристаллах, полупроводниковые лазеры и светодиоды, фотоприемники и детекторы, методы управления параметрами излучения, материалы и наноструктуры для оптоэлектроники, применения в наукоемких технологиях.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт параметров полупроводников и длины волны излучения, расчёт волноводных структур и модового состава, расчёт характеристик лазеров и фотодиодов, расчёт электрооптических и акустооптических модуляторов, расчёт свойств квантовых ям и наноструктур, расчёт затухания и дисперсии в волоконно-оптических линиях.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: комплексный анализ оптоэлектронных приборов и систем, решение задач на взаимодействие излучения со структурами, расчёт параметров источников и приёмников, анализ методов модуляции, расчёт характеристик наноструктурных элементов, проектирование оптоэлектронных систем для наукоемких технологий.

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. Физические основы оптоэлектроники	ОПК-3	Тестирование
Распространение и преобразование оптического излучения в средах	ОПК-3	Тестирование
Источники оптического излучения	ОПК-3	Тестирование
Фотоприемники и детекторы оптического излучения	ОПК-3	Тестирование
Методы управления параметрами оптического излучения	ОПК-3	Тестирование
Материалы и элементы оптоэлектроники для наукоемких технологий	ОПК-3	Тестирование
Применение оптоэлектроники в наукоемких технологиях	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

Типовые тестовые задания:

1. Какая зонная структура характерна для полупроводников, используемых в инжекционных лазерах с высоким квантовым выходом?

- А) непрямозонная
- Б) прямозонная
- В) с узкой запрещённой зоной
- Г) с широкой запрещённой зоной

2. Какой процесс является основным безызлучательным механизмом рекомбинации при высоких уровнях инжекции в полупроводниках?

- А) рекомбинация по Шокли-Риду-Холлу
- Б) Оже-рекомбинация
- В) излучательная рекомбинация
- Г) экситонная рекомбинация

3. Какое условие необходимо для возникновения инверсии населённостей в полупроводниковом лазере?

- А) концентрация электронов в зоне проводимости превышает концентрацию дырок в валентной зоне
- Б) квазиуровни Ферми для электронов и дырок разнесены на величину, превышающую ширину запрещённой зоны
- В) температура активной области ниже комнатной
- Г) концентрация легирующей примеси превышает критическую

4. Какое из нижеперечисленных явлений лежит в основе работы светодиода?

- А) фотоэффект
- Б) электролюминесценция
- В) фотонная эмиссия
- Г) усиление света за счёт вынужденного излучения

5. Что такое пороговый ток инжекционного лазера?

- А) ток, при котором начинается спонтанное излучение
- Б) минимальный ток, при котором достигается инверсия населённостей и начинается лазерная генерация
- В) ток, при котором светодиод переходит в режим насыщения
- Г) ток, при котором разрушается активный слой лазера

6. Какой параметр определяет спектральную ширину линии лазерного излучения?

- А) добротность резонатора
- Б) внешний квантовый выход
- В) внутренний квантовый выход
- Г) время жизни носителей

7. Каков физический механизм электронного ограничения в гетеролазерах?

- А) разность показателей преломления на границе гетероперехода
- Б) разность ширин запрещённых зон, создающая потенциальный барьер для носителей
- В) увеличение подвижности носителей в узкозонном слое
- Г) уменьшение скорости поверхностной рекомбинации

8. Какой эффект используется для создания лазеров с распределённой обратной связью?

- А) эффект Поккельса
- Б) брэгговское отражение от периодической структуры
- В) эффект Фарадея
- Г) акустооптическая дифракция

9. Какая из перечисленных структур позволяет получить вертикальное излучение без торцевых граней?

- А) лазер с распределённой обратной связью DFB

Б) лазер с вертикальным резонатором VCSEL

В) гомолазер

Г) гетеролазер с двойной гетероструктурой

10. При каком типе перехода вероятность излучательной рекомбинации максимальна?

А) прямой межзонный переход

Б) непрямой межзонный переход с участием фонона

В) экситонный переход

Г) переход с примесного уровня

11. Что происходит с внешним квантовым выходом светодиода при увеличении температуры (в первом приближении)?

А) увеличивается

Б) уменьшается из-за усиления безызлучательной рекомбинации

В) остаётся постоянным

Г) сначала уменьшается, затем возрастает

12. Какое соотношение между энергией фотона и шириной запрещённой зоны определяет условие поглощения света в полупроводнике?

А) $E_{\text{фот}} \gg E_g$

Б) $E_{\text{фот}} \geq E_g$

В) $E_{\text{фот}} = E_g/2$

Г) $E_{\text{фот}} < E_g$

13. Какое явление обуславливает наличие красной границы фотоэффекта в фотодиодах?

А) спонтанное излучение

Б) пороговая энергия, равная ширине запрещённой зоны

В) наличие дефектов в кристалле

Г) эффект Франца-Келдыша

14. Чем определяется максимальная частота модуляции инжекционного лазера при прямой токовой модуляции?

А) временем жизни носителей и частотой релаксационных колебаний

Б) ёмкостью р-п-перехода

В) сопротивлением базы лазера

Г) длиной резонатора

15. В чём отличие спонтанного излучения от стимулированного?

А) спонтанное излучение когерентно, а стимулированное – нет

Б) стимулированное излучение имеет те же фазу, частоту и направление, что и падающий фотон, а спонтанное – случайные параметры

В) стимулированное излучение возникает только в присутствии электрического поля

Г) спонтанное излучение имеет большую интенсивность

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Объясните принцип работы полупроводникового инжекционного лазера. Какие условия необходимы для достижения лазерной генерации?

2. В чём принципиальное отличие спонтанного излучения от вынужденного? Как эти процессы используются в лазерах и светодиодах?

3. Опишите зонную структуру прямозонных и непрямозонных полупроводников. Как тип зонной структуры влияет на эффективность излучательной рекомбинации?

4. Перечислите основные механизмы рекомбинации носителей заряда в полупроводниках. Какие из них являются излучательными, а какие – безызлучательными?

5. Что такое пороговый ток инжекционного лазера? От каких параметров он зависит и как его можно снизить?
6. Каков физический смысл внешнего и внутреннего квантового выхода светодиода? Какие факторы ограничивают их величину?
7. В чём преимущества использования гетеропереходов по сравнению с гомопереходами в полупроводниковых лазерах? Опишите двойную гетероструктуру.
8. Объясните устройство и принцип действия лазера с распределённой обратной связью. Для каких задач он применяется?
9. Опишите конструкцию и особенности лазера с вертикальным резонатором. Каковы его преимущества перед лазерами с торцевым выводом излучения?
10. Какие типы фотодетекторов используются в оптоэлектронике? Сравните р-і-п-фотодиод и лавинный фотодиод по чувствительности, быстродействию и уровню шумов.
11. Что такое квантовая эффективность фотоприёмника и обнаружительная способность? Как они связаны с параметрами материала и конструкции?
12. Назовите основные источники шумов в фотодетекторах. Какой шум является фундаментальным и определяет предельную чувствительность?
13. Объясните принцип работы приборов с зарядовой связью. Почему они широко используются в системах формирования изображений?
14. Какие физические эффекты позволяют модулировать оптическое излучение? Опишите электрооптический эффект Поккельса и его применение в модуляторах.
15. Что такое акустооптический эффект? Как работает акустооптический модулятор и дефлектор, и в каких диапазонах частот они эффективны?
16. Какие существуют способы прямой модуляции полупроводниковых лазеров? В чём ограничения этого метода (релаксационные колебания)?
17. Что такое планарный диэлектрический волновод? Объясните понятие моды, дисперсионные свойства и условия ввода излучения в волновод.
18. Каковы принципы формирования запрещённых зон в фотонных кристаллах? Приведите примеры использования фотонных кристаллов в оптоэлектронике.
19. Какие полупроводниковые материалы наиболее распространены в оптоэлектронике? Укажите их основные области применения.
20. В чём особенности низкоразмерных структур (квантовые ямы, нити, точки) по сравнению с объёмными полупроводниками? Как изменяются спектральные и кинетические свойства?
21. Опишите оптоэлектронные свойства графена и углеродных нанотрубок. Какие приборы на их основе разрабатываются?
22. Как устроены сверхпроводниковые однофотонные детекторы? В чём их преимущества перед полупроводниковыми детекторами?
23. Как оптоэлектронные компоненты используются в волоконно-оптических системах передачи данных? Приведите примеры передатчиков, приёмников и усилителей.
24. Какие задачи решаются с помощью оптоэлектронных сенсоров в медицине, биологии и экологии? Приведите конкретные примеры.
25. Охарактеризуйте роль оптоэлектроники в развитии квантовых технологий: источники одиночных фотонов, детекторы и системы квантовой криптографии.

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

аточн ый	удовлетворительного уровня	творител ьно	зачтен о	55
-------------	----------------------------	-----------------	-------------	----

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

Основная литература:

1. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие для вузов / А. Н. Игнатов. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 628 с. — ISBN 978-5-8114-5378-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133479>

Дополнительная литература:

1. Давыдов, В. Н. Полупроводниковая оптоэлектроника: учебное пособие / В. Н. Давыдов. — Москва: ТУСУР, 2022. — 87 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/313349>

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: «Нелинейная оптика».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области нелинейной оптики, включая физические принципы нелинейно-оптических явлений и их математическое описание, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности, разработки и применения нелинейно-оптических методов и устройств в сфере 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
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: фундаментальные физические законы, лежащие в основе нелинейно-оптических явлений, включая нелинейную поляризацию, тензорную структуру восприимчивостей, условия фазового синхронизма и уравнения связанных волн, а также математический аппарат для описания трёх- и четырёхволновых взаимодействий, нелинейного поглощения и преломления. Уметь: применять физико-математические методы для анализа нелинейно-оптических процессов, проводить оценку эффективности преобразования частоты, рассчитывать пороговые параметры параметрических генераторов и усилителей, а также оперативно находить и критически анализировать специализированную научную информацию из области нелинейной оптики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. Владеть: навыками использования теоретических моделей нелинейного отклика сред, методами численного

		моделирования нелинейных взаимодействий, практическими приёмами расчёта характеристик нелинейно-оптических элементов и устройств, а также способами поиска, систематизации и интерпретации данных из научной литературы для обоснования выбора материалов, схем и режимов экспериментов в наукоёмких технологиях.
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нелинейная оптика» 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 нелинейную оптику	Предмет, задачи и место нелинейной оптики в современной физике. Линейный и нелинейный отклик среды. Классификация нелинейно-оптических эффектов. Уравнения Максвелла для нелинейной среды. Волновое уравнение с нелинейным источником. Понятие нелинейной поляризации. Исторический обзор и ключевые эксперименты.
2	Нелинейная поляризация и	Тензоры линейной, квадратичной и кубической восприимчивости. Симметрия и свойства тензоров,

	восприимчивость	правила отбора. Модель ангармонического осциллятора для описания нелинейного отклика. Квантово-механический подход. Локальное поле и эффекты многих тел. Нелинейная восприимчивость в резонансных и нерезонансных условиях.
3	Генерация второй гармоники и параметрические процессы	Генерация второй гармоники: условия фазового синхронизма, когерентная длина, методы компенсации дисперсии. Генерация суммы и разности частот. Параметрическое усиление и генерация. Уравнения связанных волн для трёхволнового взаимодействия. Эффективность преобразования и пороги генерации.
4	Трёхволновые и четырёхволновые взаимодействия	Общая теория трёхволнового взаимодействия. Четырёхволновое смешение. Самофокусировка и филаментация лазерных пучков: критическая мощность, роль керровской нелинейности. Фазовая самомодуляция и кросс-модуляция, спектральное уширение. Солитоны в оптических волокнах и планарных волноводах.
5	Нелинейное поглощение и нелинейное преломление	Насыщение поглощения. Многофотонное поглощение и его зависимость от интенсивности. Ограничители оптической мощности. Нелинейный показатель преломления. Самофокусировка и дефокусировка. Нелинейное поглощение в полупроводниках и диэлектриках, влияние ширины запрещённой зоны.
6	Нелинейная спектроскопия	Когерентная антистоксова спектроскопия. Спектроскопия накачка–зондирование с фемтосекундным временным разрешением. Применение для исследования релаксационных процессов, переноса энергии и динамики носителей в конденсированных средах и биологических объектах. Нелинейная спектроскопия с преобразованием частоты для поверхностных и межфазных границ.
7	Материалы для нелинейной оптики	Кристаллические материалы: оксиды, бораты, полупроводниковые соединения. Органические и полимерные материалы с высокой нелинейной восприимчивостью. Методы выращивания и легирования. Квантово-размерные структуры и их нелинейные свойства.
8	Применение нелинейной оптики в наукоёмких технологиях	Лазерные системы с преобразованием частоты. Нелинейная микроскопия для биомедицинской визуализации с субклеточным разрешением. Оптические переключатели, модуляторы и логические элементы на основе нелинейных эффектов для фотонных интегральных схем. Квантовые технологии. Сверхбыстрая оптика.

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 нелинейную оптику

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи нелинейной оптики. Линейный и нелинейный отклик среды. Уравнения Максвелла с нелинейной поляризацией. Классификация нелинейных эффектов по порядку восприимчивости. Исторические эксперименты: генерация второй гармоники и самофокусировка.

Тема 2: Нелинейная поляризация и восприимчивость

Вопросы для обсуждения: Тензоры линейной, квадратичной и кубичной восприимчивости. Симметрия и свойства тензоров. Резонансное и нерезонансное усиление восприимчивости.

Тема 3: Генерация второй гармоники и параметрические процессы

Вопросы для обсуждения: Генерация второй гармоники, условия фазового синхронизма. Когерентная длина и методы компенсации дисперсии. Уравнения связанных волн и пороговые условия.

Тема 4: Трёхволновые и четырёхволновые взаимодействия

Вопросы для обсуждения: Теория трёхволнового взаимодействия. Четырёхволновое смешение и обращение волнового фронта.

Тема 5: Нелинейное поглощение и нелинейное преломление

Вопросы для обсуждения: Насыщение поглощения в двухуровневой системе. Многофотонное поглощение. Нелинейный показатель преломления и его механизмы. Самофокусировка и дефокусировка.

Тема 6: Нелинейная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Когерентная антистоксова спектроскопия. Спектроскопия накачка–зондирование с фемтосекундным разрешением.

Тема 7: Материалы для нелинейной оптики

Вопросы для обсуждения: Кристаллические материалы для преобразования частоты. Органические и полимерные материалы. Квантово-размерные структуры.

Тема 8: Применение нелинейной оптики в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Лазерные системы с преобразованием частоты. Оптические переключатели и логические элементы.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение в нелинейную оптику

Вопросы для обсуждения: Классификация нелинейных эффектов по порядку восприимчивости. Анализ размерностей нелинейной поляризации. Оценка интенсивности, необходимой для наблюдения нелинейных эффектов.

Тема 2: Нелинейная поляризация и восприимчивость

Вопросы для обсуждения: Определение ненулевых компонент тензора восприимчивости по симметрии. Расчёт нелинейной поляризации для заданной геометрии.

Тема 3: Генерация второй гармоники и параметрические процессы

Вопросы для обсуждения: Расчёт когерентной длины и углов фазового синхронизма. Определение эффективности преобразования.

Тема 4: Трёхволновые и четырёхволновые взаимодействия

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений связанных волн в приближении заданных амплитуд. Расчёт эффективности четырёхволнового смешения.

Тема 5: Нелинейное поглощение и нелинейное преломление

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициента насыщения поглощения. Вероятность двухфотонного поглощения.

Тема 6: Нелинейная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Интерпретация колебательных спектров. Оценка пространственного разрешения многофотонной микроскопии.

Тема 7: Материалы для нелинейной оптики

Вопросы для обсуждения: Сравнение нелинейных коэффициентов кристаллов. Расчёт дисперсионных кривых и условий синхронизма.

Тема 8: Применение нелинейной оптики в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективности преобразования частоты для лазерных систем. Проектирование параметрического генератора. Оценка параметров фотонных пар для квантовых протоколов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: нелинейный отклик среды и классификация нелинейных эффектов, тензоры восприимчивости и их свойства, условия фазового синхронизма и методы его достижения, генерация второй гармоники и параметрические процессы, трёхволновое и четырёхволновое взаимодействие, самофокусировка и фазовая самомодуляция, нелинейное поглощение и нелинейное преломление, когерентная антистоксова спектроскопия и спектроскопия накачка-зондирование, материалы для нелинейной оптики, применение нелинейной оптики в наукоёмких технологиях.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт компонент тензора восприимчивости на основе симметрии кристалла, расчёт когерентной длины и углов фазового синхронизма, расчёт эффективности преобразования частоты и порога параметрической генерации, решение уравнений связанных волн, расчёт критической мощности самофокусировки и эффектов фазовой самомодуляции, расчёт коэффициентов насыщения и многофотонного поглощения.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы нелинейно-оптических явлений, свойства нелинейных восприимчивостей и их связь со структурой вещества, условия фазового синхронизма для различных нелинейных процессов, расчёт характеристик параметрических генераторов и усилителей, анализ самофокусировки и спектрального уширения импульсов, интерпретация результатов нелинейно-спектроскопических экспериментов, обоснование выбора материалов и схем для конкретных приложений, применение нелинейной оптики в лазерных системах, биомедицинской визуализации и квантовых 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 нелинейную оптику	ОПК-1	Тестирование
Нелинейная поляризация и восприимчивость	ОПК-1	Тестирование
Генерация второй гармоники и параметрические процессы	ОПК-1	Тестирование
Трёхволновые и четырёхволновые взаимодействия	ОПК-1	Тестирование
Нелинейное поглощение и нелинейное преломление	ОПК-1	Тестирование
Нелинейная спектроскопия	ОПК-1	Тестирование
Материалы для нелинейной оптики	ОПК-1	Тестирование
Применение нелинейной оптики в наукоёмких технологиях	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 «Введение в нелинейную оптику»:

1. Какой из перечисленных эффектов относится к нелинейно-оптическим явлениям второго порядка?

- А) самофокусировка
- Б) генерация второй гармоники
- В) фазовая самомодуляция
- Г) насыщение поглощения

2. Нелинейная поляризация среды возникает, когда:

- А) напряжённость электрического поля световой волны мала по сравнению с внутриатомным полем

- Б) напряжённость электрического поля световой волны сравнима с внутриатомным полем
- В) среда обладает центром инверсии
- Г) частота света совпадает с частотой колебаний атомов

3. Какое уравнение описывает распространение света в нелинейной среде?

- А) уравнение Шрёдингера
- Б) волновое уравнение с нелинейным источником поляризации
- В) уравнение Навье-Стокса
- Г) уравнение диффузии

4. Что такое нелинейная восприимчивость второго порядка (χ^2)?

- А) тензор, связывающий поляризацию с квадратом напряжённости поля
- Б) скалярная величина, зависящая от интенсивности
- В) параметр, характеризующий поглощение света
- Г) коэффициент, определяющий скорость света в среде

5. Какое условие необходимо для эффективной генерации второй гармоники?

- А) высокая температура среды
- Б) наличие центра симметрии в кристалле
- В) выполнение фазового синхронизма
- Г) использование непрерывного, а не импульсного излучения

6. Какой исторический эксперимент считается началом нелинейной оптики?

- А) открытие лазера
- Б) генерация второй гармоники Франкена с использованием рубинового лазера
- В) наблюдение самофокусировки
- Г) открытие эффекта Керра

7. Какая из сред не может генерировать вторую гармонику в дипольном приближении?

- А) кристалл с отсутствием центра инверсии
- Б) центросимметричный кристалл
- В) органический полимер с нецентросимметричной структурой
- Г) кристалл KDP

8. Что такое когерентная длина в нелинейной оптике?

- А) длина, на которой накачка полностью поглощается
- Б) расстояние, на котором волны накачки и сигнала расходятся по фазе на π
- В) длина, на которой интенсивность удваивается
- Г) длина свободного пробега фотона

9. Какой процесс является примером трёхволнового взаимодействия?

- А) вынужденное комбинационное рассеяние
- Б) генерация второй гармоники
- В) четырёхволновое смешение
- Г) самофокусировка

10. В чём принципиальное отличие нелинейного отклика от линейного?

- А) нелинейный отклик пропорционален напряжённости поля, линейный – квадрату поля
- Б) нелинейный отклик содержит члены высших порядков по полю
- В) нелинейный отклик наблюдается только в вакууме
- Г) линейный отклик зависит от времени, а нелинейный – нет

11. Какой эффект возникает при распространении мощного импульса в среде с керровской нелинейностью?

- А) генерация второй гармоники
- Б) фазовая самомодуляция и спектральное уширение
- В) параметрическое усиление
- Г) электрооптический эффект

12. Самофокусировка света наблюдается, когда:

- А) нелинейный показатель преломления отрицателен

- Б) мощность пучка превышает критическое значение
- В) среда обладает центром инверсии
- Г) длина когерентности равна нулю

13. Какое из утверждений о нелинейной поляризации верно?

- А) она линейно зависит от напряжённости поля
- Б) она возникает только при резонансном возбуждении
- В) она является источником излучения на новых частотах
- Г) она не зависит от интенсивности падающего света

14. Для наблюдения нелинейных эффектов обычно требуется:

- А) использование сверхпроводящих материалов
- Б) высокая интенсивность лазерного излучения
- В) температура близкая к абсолютному нулю
- Г) наличие внешнего магнитного поля

15. Какая из перечисленных задач является фундаментальной для нелинейной оптики?

- А) разработка новых типов лазеров
- Б) изучение взаимодействия мощного излучения с веществом, приводящего к изменению оптических свойств среды
- В) создание вакуумных систем
- Г) исследование фотоэффекта

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение нелинейной оптики. В чём принципиальное отличие нелинейного отклика среды от линейного?
2. Запишите волновое уравнение для нелинейной среды. Какую роль в нём играет нелинейная поляризация?
3. Что такое тензор нелинейной восприимчивости? Каковы его основные свойства и как они связаны с симметрией среды?
4. Опишите модель ангармонического осциллятора для объяснения нелинейного отклика среды.
5. В чём заключается квантово-механический подход к расчёту нелинейной восприимчивости? Что такое матрица плотности?
6. Сформулируйте условия фазового синхронизма для генерации второй гармоники. Каковы физические последствия его нарушения?
7. Какие существуют методы компенсации дисперсии для достижения фазового синхронизма? Опишите двулучепреломляющий и квазифазовый синхронизм.
8. Объясните принцип работы параметрического усилителя и параметрического генератора. Запишите уравнения связанных волн.
9. Что такое генерация суммы и разности частот? Приведите примеры практического применения этих процессов.
10. Опишите трёхволновое взаимодействие. Какие законы сохранения выполняются при этом процессе?
11. Что такое четырёхволновое смешение? В чём заключается эффект обращения волнового фронта?
12. Объясните физическую природу самофокусировки света. Что такое критическая мощность самофокусировки?
13. Что такое фазовая самомодуляция и кросс-модуляция? Как они влияют на спектр лазерного импульса?
14. Опишите оптические солитоны. Каковы условия их существования и где они применяются?

15. В чём суть эффекта насыщения поглощения? Как он описывается в модели двухуровневой системы?
16. Что такое многофотонное поглощение? Чем оно отличается от однофотонного и от насыщения поглощения?
17. Каковы основные механизмы нелинейного показателя преломления? Опишите керровский, тепловой и электрострикционный механизмы.
18. Объясните принцип когерентной антистоксовой спектроскопии. Каковы её преимущества перед линейными спектральными методами?
19. В чём суть метода накачка–зондирование с фемтосекундным временным разрешением? Какие процессы можно исследовать этим методом?
20. Каковы критерии выбора материалов для нелинейно-оптических преобразователей частоты? Назовите основные типы нелинейных материалов.

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:

2. Беспрозванных, В. Г. Нелинейная оптика: учебное пособие / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первадчук. — Пермь: ПНИПУ, 2011. — 200 с. — ISBN 978-5-398-00574-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160303>

Дополнительная литература:

1. Бутиков, Е. И. Оптика: учебное пособие для вузов / Е. И. Бутиков. — 3-е изд., доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1190-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210761>

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: «Фотонные приборы».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области фотонных приборов и технологий, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения актуальных задач в сфере 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
ОПК-2. Способен организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	Знать: фундаментальные физико-математические основы функционирования фотонных приборов, включая квантово-механическое описание взаимодействия света с веществом, принципы работы источников, приёмников, пассивных компонентов и методов управления излучением, а также современные материалы и технологии их изготовления. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы физики для организации и проведения научных исследований в области фотоники, включая моделирование характеристик фотонных приборов, постановку экспериментов, обработку и анализ полученных данных, а также прогнозировать использование физико-математических подходов для решения междисциплинарных задач, связанных с фотонными технологиями. Владеть: навыками самостоятельного планирования и выполнения теоретических и экспериментальных исследований фотонных приборов, методами математического моделирования и численного расчёта их параметров, способами интерпретации результатов и формулирования выводов, а также навыками

		междисциплинарного взаимодействия для решения комплексных научно-технических проблем в области фотоники и наукоёмких технологий.
--	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Фотонные приборы» 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. Физические основы фотоники	Предмет, задачи и место фотоники в современной физике и наукоёмких технологиях. Фотон как квант электромагнитного поля. Корпускулярно-волновой дуализм света. Когерентность и поляризация оптического излучения. Взаимодействие света с веществом. Квантово-механическое описание оптических переходов. Классификация фотонных приборов: пассивные и активные, линейные и нелинейные, по диапазону длин волн.
2	Пассивные фотонные компоненты	Оптические волноводы. Условия распространения мод, дисперсионные характеристики, потери на затухание. Волоконно-оптические компоненты. Направленные ответвители, разветвители, мультиплексоры и демультиплексоры. Фазирующие элементы и пространственные модуляторы света. Металповерхности и плазмонные структуры для управления светом на

		наноуровне.
3	Источники фотонного излучения	Принципы генерации света в твердотельных, полупроводниковых и газовых средах. Полупроводниковые инжекционные лазеры. Лазеры с квантовыми ямами, нитями и точками. Светоизлучающие диоды. Лазеры на эффекте вынужденного комбинационного рассеяния. Оптические параметрические генераторы как источники перестраиваемого излучения. Твердотельные лазеры с диодной накачкой. Генерация сверхкоротких импульсов: режим синхронизации мод, методы сжатия импульсов.
4	Приемники фотонного излучения	Классификация фотоприемников по принципу действия: внешний и внутренний фотоэффект. Фотоэлектронные умножители: принцип работы, характеристики, области применения. Приборы с зарядовой связью. Инфракрасные фотоприемники на основе узкозонных полупроводников и квантово-размерных структур. Шумы фотоприемников, квантовый предел чувствительности, обнаружительная способность.
5	Методы управления оптическим излучением	Электрооптическая модуляция. Материалы для электрооптических модуляторов. Акустооптическая модуляция и дефлексия. Магнитооптическая модуляция. Нелинейно-оптические методы управления. Оптические переключатели на плазмонных и метаповерхностных структурах. Модуляторы на основе микроэлектромеханических систем. Быстродействие и критерии выбора модуляторов для различных применений.
6	Интегральная и квантовая фотоника	Принципы интегральной фотоники: планарная и трёхмерная фотонная интеграция. Материалы для фотонных интегральных схем. Оптические соединители и межсоединения. Гибридная и монолитная интеграция. Квантовые фотонные приборы. Оптические квантовые схемы для квантовой криптографии и квантовых вычислений. Эффект Блоха и квантовые клеточные автоматы.
7	Материалы и технологии фотонных приборов	Полупроводниковые материалы для фотоники. Диэлектрические материалы. Органические и полимерные материалы для гибкой фотоники. Методы эпитаксиального выращивания: молекулярно-лучевая эпитаксия, металлоорганическая химическая эпитаксия из газовой фазы. Низкоразмерные структуры. Легирование редкоземельными элементами для создания активных сред. Методы характеристики.
8	Применение фотонных приборов в наукоёмких технологиях	Волоконно-оптические системы связи: компоненты для формирования, передачи и приёма сигналов. Оптические усилители. Фотонные приборы в медицинской диагностике. Сенсорные системы на основе фотонных приборов. Оптические системы обработки информации: спектральный анализ, корреляционная обработка, фотонные процессоры. Применение в квантовых технологиях. Экологический мониторинг и дистанционное зондирование на основе фотонных приборов. Перспективные направления.

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. Физические основы фотоники

Вопросы для обсуждения: Фотон как квант электромагнитного поля и его корпускулярно-волновой дуализм. Механизмы взаимодействия света с веществом: поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Квантово-механическое описание оптических переходов. Классификация фотонных приборов по принципу действия и спектральному диапазону.

Тема 2: Химическая связь и классификация твердых тел

Вопросы для обсуждения: Природа и типы химической связи в твердых телах. Классификация твердых тел по типу связи и структуре: молекулярные, ионные, ковалентные и металлические кристаллы. Основные типы кристаллических решеток и их симметрия. Влияние типа химической связи на оптические и электронные свойства материалов для фотоники.

Тема 3: Электронные свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Зонная теория твердых тел: формирование энергетических зон, запрещенные зоны, понятие эффективной массы. Классификация материалов по электронной структуре. Прямые и не прямые межзонные переходы. Концентрация и подвижность носителей заряда. Экситонные эффекты и их роль в оптических свойствах.

Тема 4: Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства

Вопросы для обсуждения: Гармонические колебания кристаллической решетки и понятие фонона. Акустические и оптические ветви колебаний. Теплопроводность кристаллов и роль фононов в переносе тепла. Влияние температуры на оптические свойства материалов.

Тема 5: Оптические свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: законы распространения, отражения и преломления света в средах. Электронная теория дисперсии. Механизмы поглощения света: фундаментальное поглощение, экситонное поглощение, поглощение на примесях и дефектах. Люминесценция. Нелинейно-оптические эффекты в твердых телах. Влияние размерных эффектов на оптические свойства низкоразмерных структур.

Тема 6: Интегральная и квантовая фотоника

Вопросы для обсуждения: Принципы интегральной фотоники. Материалы для фотонных интегральных схем. Технологии изготовления фотонных микросхем. Квантовые фотонные приборы. Оптические квантовые схемы для квантовой криптографии и вычислений.

Тема 7: Материалы и технологии фотонных приборов

Вопросы для обсуждения: Полупроводниковые материалы для фотоники. Диэлектрические и органические материалы. Методы эпитаксиального выращивания структур. Низкоразмерные структуры. Легирование редкоземельными элементами. Методы характеристики материалов.

Тема 8: Применение фотонных приборов в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Волоконно-оптические системы связи и оптические усилители. Фотонные приборы в медицинской диагностике и лазерной хирургии. Сенсорные системы на основе фотонных приборов. Оптические системы обработки информации. Экологический мониторинг и дистанционное зондирование.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Структура и симметрия твердых тел

Вопросы для обсуждения: Определение типа кристаллической решётки по пространственной группе симметрии. Расчёт параметров элементарной ячейки и плотности упаковки.

Тема 2: Пассивные фотонные компоненты

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективного показателя преломления и числа мод в оптическом волноводе. Построение дисперсионных кривых. Расчёт потерь на затухание в оптическом волокне

Тема 3: Источники фотонного излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт порогового тока и внешнего квантового выхода инжекционного лазера. Оценка спектральной ширины линии лазера. Расчёт длины волны излучения для заданного полупроводникового соединения

Тема 4: Приемники фотонного излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт фототока, квантовой эффективности и обнаружительной способности фотодиодов. Определение отношения сигнал/шум. Оценка быстродействия и предельной частоты фотоприёмников.

Тема 5: Оптические свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициентов отражения и пропускания многослойных структур. Определение ширины запрещённой зоны по спектрам поглощения.

Тема 6: Дефекты и неупорядоченные системы

Вопросы для обсуждения: Классификация дефектов кристаллической решётки. Расчёт концентрации точечных дефектов. Анализ влияния дефектов на оптические и электронные свойства. Изучение аморфных и стеклообразных материалов для фотоники.

Тема 7: Современные направления физики твердого тела

Вопросы для обсуждения: Анализ электронной структуры топологических изоляторов. Изучение свойств графена и других двумерных материалов. Исследование фотонных кристаллов и метаматериалов. Анализ научных статей по топологическим изоляторам.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: физические основы фотоники и классификация приборов, типы химической связи в твердых телах и их влияние на оптические свойства, зонная теория и электронные свойства полупроводников, колебания кристаллической решетки и тепловые свойства, механизмы поглощения и люминесценции в твердых телах, пассивные фотонные компоненты, принципы работы источников и приемников излучения, методы управления оптическим излучением, интегральная и квантовая фотоника, материалы и технологии изготовления фотонных приборов, применение в наукоёмких технологиях.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчет структурных параметров кристаллических решеток и индиферирование дифракционных картин, определение типа симметрии и индексов Миллера, расчет эффективного показателя преломления и числа мод в волноводах, построение дисперсионных кривых, расчет характеристик волоконно-оптических компонентов, расчет порогового тока и квантовой эффективности лазеров и светодиодов, определение спектральных параметров излучения, расчет фототока, обнаружительной способности и быстродействия фотоприемников,

расчет коэффициентов отражения и пропускания многослойных структур, анализ спектров поглощения и фотолюминесценции.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические принципы работы фотонных приборов, взаимосвязь электронной структуры и оптических свойств твердых тел, методы управления параметрами излучения, расчет характеристик пассивных и активных фотонных компонентов, анализ и интерпретация экспериментальных данных по оптическим свойствам материалов, обоснование выбора материалов и технологий для конкретных фотонных устройств, применение фотонных приборов в системах связи, сенсорики, биомедицине и квантовых 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 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. Физические основы фотоники	ОПК-2	Тестирование
Пассивные фотонные компоненты	ОПК-2	Тестирование
Источники фотонного излучения	ОПК-2	Тестирование
Приемники фотонного излучения	ОПК-2	Тестирование
Методы управления оптическим излучением	ОПК-2	Тестирование
Интегральная и квантовая фотоника	ОПК-2	Тестирование
Материалы и технологии фотонных приборов	ОПК-2	Тестирование
Применение фотонных приборов в наукоёмких технологиях	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:

1. Какое из приведённых выражений описывает энергию фотона?

- А) $E = h \cdot \nu$
- Б) $E = h \cdot \lambda$
- В) $E = h \cdot c$
- Г) $E = h / \nu$

2. Корпускулярно-волновой дуализм света проявляется в том, что:

- А) свет одновременно является волной и потоком частиц
- Б) свет является только волной
- В) свет является только потоком частиц
- Г) свет не имеет ни волновых, ни корпускулярных свойств

3. Какое из утверждений о когерентности верно?

- А) когерентные волны имеют постоянную разность фаз во времени
- Б) когерентность определяется только длиной волны
- В) когерентность не зависит от источника
- Г) когерентность — это свойство только лазерного излучения

4. Что такое поляризация света?

- А) изменение частоты света при прохождении через среду
- Б) упорядочение направления колебаний вектора напряжённости электрического поля
- В) изменение интенсивности света
- Г) расщепление света в спектр

5. Какой процесс лежит в основе работы лазеров?

- А) спонтанное излучение
- Б) вынужденное (стимулированное) излучение
- В) поглощение света
- Г) рассеяние света

6. Какие оптические переходы разрешены в дипольном приближении?

- А) переходы, изменяющие чётность волновой функции
- Б) переходы, сохраняющие чётность
- В) любые переходы без ограничений
- Г) только переходы между одинаковыми состояниями

7. Время жизни возбуждённого состояния в квантовой системе связано с:

- А) шириной спектральной линии
- Б) частотой перехода
- В) интенсивностью падающего света
- Г) поляризацией излучения

8. Какое из взаимодействий света с веществом является линейным?

- А) двухфотонное поглощение
- Б) поглощение, пропорциональное интенсивности
- В) генерация второй гармоники
- Г) фазовая самомодуляция

9. Что такое запрещённая зона в полупроводниках?

- А) интервал энергий, в котором отсутствуют разрешённые электронные состояния
- Б) область пространства, в которой запрещено распространение света
- В) зона, в которой находятся только дырки
- Г) зона, в которой электроны не взаимодействуют с решёткой

10. Какой параметр определяет квантовую эффективность фотоприёмника?

- А) отношение числа фотонов к числу электронов
- Б) отношение числа электрон-дырочных пар к числу падающих фотонов
- В) отношение мощности излучения к току
- Г) отношение напряжения к току

11. Какое из явлений является нелинейно-оптическим эффектом?

- А) отражение света
- Б) преломление света
- В) генерация второй гармоники
- Г) интерференция

12. Что такое спонтанное излучение?

- А) излучение фотона при переходе из возбуждённого состояния в основное без внешнего воздействия
- Б) излучение, индуцированное падающим фотоном
- В) излучение, возникающее при поглощении света
- Г) излучение, возникающее при рассеянии света на фонах

13. Какое из утверждений о вынужденном излучении верно?

- А) вынужденное излучение происходит только при высоких температурах
- Б) вынужденное излучение всегда некогерентно
- В) вынужденное излучение имеет ту же частоту, фазу и направление, что и падающий фотон
- Г) вынужденное излучение не зависит от интенсивности падающего света

14. Какая характеристика фотонных приборов определяет их спектральную селективность?

- А) полоса пропускания (ширина спектральной линии)
- Б) квантовая эффективность
- В) чувствительность
- Г) быстродействие

15. Что такое интеркомбинационная конверсия?

- А) переход между синглетным и триплетным состояниями
- Б) переход между колебательными уровнями
- В) переход между зонами в полупроводнике
- Г) переход между различными молекулярными орбиталями

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Дайте определение фотоники. Каковы основные задачи и место фотоники среди других областей физики?
2. Опишите корпускулярно-волновой дуализм света и его проявление в работе фотонных приборов.
3. Что такое когерентность и поляризация оптического излучения? Как эти свойства влияют на характеристики фотонных устройств?

4. Объясните механизмы взаимодействия света с веществом: поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Как они используются в источниках излучения?
5. Каковы основные типы химической связи в твёрдых телах? Как тип связи определяет оптические свойства материала?
6. Опишите зонную теорию твёрдых тел. Дайте классификацию материалов (металлы, полупроводники, диэлектрики) по электронной структуре.
7. Каковы физические причины образования запрещённой зоны в полупроводниках? Чем различаются прямозонные и непрямозонные полупроводники?
8. Что такое фононы? Опишите акустические и оптические ветви колебаний кристаллической решётки и их роль в тепловых и оптических свойствах.
9. Перечислите основные механизмы поглощения света в твёрдых телах. В чём отличие фундаментального поглощения от примесного?
10. Что такое люминесценция? Опишите виды люминесценции (фотолюминесценция, электролюминесценция) и их применение.
11. Каковы принципы работы оптических волноводов? Объясните понятие моды, дисперсионные характеристики и потери в волноводах.
12. Опишите устройство и принцип действия полупроводникового инжекционного лазера. Что такое пороговый ток и квантовый выход?
13. В чём отличие светодиода от полупроводникового лазера? Каковы достоинства и недостатки каждого типа?
14. Какие типы фотоприёмников вам известны? Сравните p-i-n-фотодиод и лавинный фотодиод по чувствительности, быстродействию и уровню шумов.
15. Что такое приборы с зарядовой связью? Как они применяются в системах формирования изображений?
16. Опишите электрооптический эффект Поккельса. Как на его основе создаются модуляторы света?
17. Что такое интегральная фотоника? Назовите основные материалы и технологии изготовления фотонных интегральных схем.
18. В чём суть квантовых фотонных приборов? Приведите примеры источников одиночных фотонов и однофотонных детекторов.
19. Каковы критерии выбора материалов для фотонных приборов? Назовите основные полупроводниковые и диэлектрические материалы, используемые в фотонике.
20. Приведите примеры применения фотонных приборов в наукоёмких технологиях (связь, медицина, сенсорика, квантовые 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,	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. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие для вузов / А. Н. Игнатов. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 628 с. — ISBN 978-5-8114-5378-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133479>

Дополнительная литература:

1. Варданын, В. А. Полупроводниковая фотоника в телекоммуникациях: учебное пособие для вузов / В. А. Варданын. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 284 с. — ISBN 978-5-507-52344-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/488954>

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: «Автоматизация оптического эксперимента».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний, практических навыков и компетенций в области разработки и применения программно-аппаратных средств автоматизации оптических измерений и экспериментальных исследований, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности, а также для повышения эффективности, точности и информативности оптического эксперимента в наукоёмких технологиях

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 организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	Знать: фундаментальные физико-математические основы построения и функционирования автоматизированных оптических измерительных систем, принципы интеграции аппаратного и программного обеспечения, методы сбора, обработки и интерпретации экспериментальных данных, а также подходы к управлению экспериментом с использованием обратной связи. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы для разработки и реализации автоматизированных оптических установок, обрабатывать и анализировать полученные результаты с оценкой их достоверности, прогнозировать применимость физико-математических подходов для решения междисциплинарных задач в области наукоёмких технологий. Владеть: навыками организации и проведения автоматизированных оптических экспериментов, включая программирование измерительных задач, цифровую обработку сигналов и изображений, а также интеграцию

		оборудования в единый экспериментальный комплекс для проведения комплексных научных исследований.
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Автоматизация оптического эксперимента» 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. Принципы автоматизации оптического эксперимента	Предмет, задачи и место автоматизации в современном физическом эксперименте. Роль автоматизации в повышении производительности труда исследователя и изучении быстропротекающих процессов. Основные понятия и определения. Классификация автоматизированных измерительных систем в оптике. Обзор современных тенденций развития автоматизации физического эксперимента.
2	Аппаратное обеспечение автоматизированных оптических систем	Основные структурные элементы автоматизированных систем, их назначение и взаимосвязь. Датчики и преобразователи оптических сигналов. Применяемое оборудование: стереомикроскопы, цифровые видеокамеры, цифровые генераторы. Приборы с ЭВМ: фильтрация оптического излучения, приборы с дифракционными решётками, призмённые и интерференционные спектральные приборы, модуляционные спектральные приборы.
3	Программное	Принципы организации интерфейсов:

	обеспечение интерфейсы	и	информационная, электрическая и конструктивная совместимость. Линии, шины, магистрали. Стандартные интерфейсы средств автоматизации. Принципы программирования измерительных систем. Разработка алгоритмов для решения прикладных научных задач с использованием языков высокого уровня (LabVIEW, Python). Стандартные команды для программируемых приборов.
4	Методы сбора и обработки экспериментальных данных		Автоматизация сбора данных в реальном времени. Методы аппроксимации сигналов. Цифровая обработка и визуализация результатов измерений. Статистическая обработка данных и оценка погрешностей. Системы с обратной связью в оптическом эксперименте.
5	Автоматизированные лазерные измерительные системы		Лазерные интерференционные измерительные системы. Автоматизированные комплексы измерения скорости и поля скоростей. Томографические и стерео системы измерения поля и объёма скоростей. Системы диагностики температурного поля. Автоматизированные оптико-электронные комплексы измерения поля деформаций. Системы измерения полей концентрации и давления. Комплексная диагностика процессов горения.
6	Применение автоматизации в наукоёмких технологиях	в	Автоматизированные комплексы для оптических исследований биологических объектов. Применение в лазерной физике и спектроскопии. Автоматизация технологических установок. Лазерные локационные системы. Особенности автоматизации междисциплинарных оптических 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. Принципы автоматизации оптического эксперимента.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи автоматизации физического эксперимента. Роль автоматизации в повышении производительности и точности оптических измерений. Классификация автоматизированных измерительных систем. Основные этапы автоматизации оптического эксперимента. Требования к современным автоматизированным оптическим установкам.

Тема 2: Аппаратное обеспечение автоматизированных оптических систем.

Вопросы для обсуждения: Структурная схема автоматизированной измерительной системы. Датчики и преобразователи оптических сигналов. Цифровые видеокамеры и стереомикроскопы. Спектральные приборы с дифракционными решётками, призменные и интерференционные спектрометры. Модуляционные спектральные приборы.

Тема 3: Программное обеспечение и интерфейсы.

Вопросы для обсуждения: Принципы организации интерфейсов: информационная, электрическая и конструктивная совместимость. Стандартные интерфейсы средств автоматизации. Языки высокого уровня для управления экспериментом. Разработка алгоритмов управления и сбора данных. Стандартные команды программируемых приборов. Программные среды для автоматизации: LabVIEW, Python.

Тема 4: Методы сбора и обработки экспериментальных данных.

Вопросы для обсуждения: Автоматизированный сбор данных в реальном времени. Методы аппроксимации и фильтрации сигналов. Цифровая обработка и визуализация результатов. Статистические методы оценки погрешностей. Системы с обратной связью. Управление экспериментом по заранее заданному сценарию.

Тема 5: Автоматизированные лазерные измерительные системы

Вопросы для обсуждения: Лазерные интерферометрические системы для измерения перемещений и вибраций. Автоматизированные комплексы измерения скорости и поля скоростей. Системы измерения температурных полей. Оптико-электронные комплексы для измерения полей деформаций.

Тема 6: Применение автоматизации в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Автоматизированные оптические комплексы для биомедицинских исследований. Применение в лазерной физике и спектроскопии. Автоматизация технологических установок. Лазерные локационные системы. Особенности автоматизации междисциплинарных экспериментов. Перспективные направления развития автоматизированного оптического эксперимента.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Принципы автоматизации оптического эксперимента.

Вопросы для обсуждения: Анализ структуры типовой автоматизированной оптической установки. Определение требований к автоматизации для конкретной экспериментальной задачи. Оценка эффективности автоматизации по сравнению с ручным управлением.

Тема 2: Аппаратное обеспечение автоматизированных оптических систем.

Вопросы для обсуждения: Выбор датчиков и преобразователей для заданного оптического сигнала. Настройка и калибровка спектральных приборов. Подключение цифровых видеокамер и генераторов сигналов. Согласование аппаратных компонентов по интерфейсам.

Тема 3: Программное обеспечение и интерфейсы.

Вопросы для обсуждения: Разработка простых алгоритмов сбора данных в LabVIEW или Python. Программирование управления шаговыми двигателями и поворотными столиками. Реализация обмена данными по стандартным интерфейсам. Отладка программного обеспечения для автоматического сканирования спектра.

Тема 4: Методы сбора и обработки экспериментальных данных.

Вопросы для обсуждения: Реализация сбора данных в реальном времени с визуализацией. Применение методов фильтрации и сглаживания сигналов. Статистическая обработка серии измерений. Построение калибровочных кривых и оценка погрешностей. Разработка системы с обратной связью для стабилизации параметров.

Тема 5: Автоматизированные лазерные измерительные системы

Вопросы для обсуждения: Настройка интерферометрической схемы и автоматический сбор интерферограмм. Обработка интерферограмм для расчёта перемещений. Автоматизация томографических измерений. Обработка изображений для определения полей скоростей.

Тема 6: Применение автоматизации в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Проектирование автоматизированной установки для биомедицинского эксперимента. Разработка алгоритмов для лазерной локации.

Автоматизация процесса обработки спектральных данных. Подготовка отчёта по результатам автоматизированного эксперимента. Анализ перспектив применения автоматизации в выбранной области исследований.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: принципы автоматизации оптического эксперимента, аппаратное и программное обеспечение, стандартные интерфейсы, методы сбора и цифровой обработки данных, системы с обратной связью, автоматизированные лазерные измерительные комплексы для диагностики полей скоростей, температур и деформаций.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: разработка алгоритмов управления и сбора данных в средах LabVIEW и Python, цифровая фильтрация и статистическая обработка сигналов, обработка интерферограмм и изображений, построение калибровочных зависимостей и оценка погрешностей.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: классификация и структура автоматизированных систем, методы измерения физических полей, принципы работы лазерных интерферометров и томографических комплексов, применение автоматизации в биомедицине и лазерной физике, расчёт погрешностей и анализ типовых схем.

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. Принципы автоматизации оптического эксперимента	ОПК-2	Тестирование
Аппаратное обеспечение автоматизированных оптических систем	ОПК-2	Тестирование
Программное обеспечение и интерфейсы	ОПК-2	Тестирование
Методы сбора и обработки экспериментальных данных	ОПК-2	Тестирование
Автоматизированные лазерные измерительные системы	ОПК-2	Тестирование
Применение автоматизации в наукоёмких технологиях	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:

1. Какова основная цель автоматизации оптического эксперимента?

- А) упрощение конструкции экспериментальной установки
- Б) повышение точности, быстродействия и информативности измерений при снижении влияния человеческого фактора
- В) уменьшение стоимости оборудования
- Г) увеличение габаритов установки

2. Какое устройство относится к аппаратному обеспечению автоматизированной оптической системы?

- А) операционная система
- Б) цифровая видеокамера
- В) среда программирования LabVIEW
- Г) алгоритм фильтрации сигналов

3. Какой интерфейс наиболее часто используется для связи компьютера с измерительными приборами в автоматизированных системах?

- А) RS-232
- Б) GPIB (IEEE-488)
- В) USB
- Г) все перечисленные

4. Какой язык программирования широко применяется для разработки систем сбора и управления данными в физическом эксперименте?

- А) HTML

- Б) LabVIEW
- В) SQL
- Г) JavaScript

5. Что понимается под сбором данных в реальном времени?

- А) запись данных на внешний носитель после окончания эксперимента
- Б) непрерывное получение и обработка данных синхронно с их поступлением
- В) периодический опрос датчиков с большой задержкой
- Г) обработка данных только после завершения измерения

6. Для чего в автоматизированной системе используется обратная связь?

- А) для уменьшения количества измерительных каналов
- Б) для коррекции параметров эксперимента на основе текущих измерений
- В) для повышения частоты дискретизации
- Г) для увеличения амплитуды сигнала

7. Какой метод обработки данных применяется для подавления высокочастотных шумов?

- А) интерполяция
- Б) цифровая фильтрация (низкочастотная)
- В) интегрирование
- Г) дифференцирование

8. Что является основой лазерных интерференционных измерительных систем?

- А) фотоэффект
- Б) явление интерференции когерентных волн
- В) эффект Доплера
- Г) поляризация света

9. Какие параметры можно измерять с помощью автоматизированных лазерных интерферометров?

- А) только длину волны
- Б) перемещения и вибрации объектов
- В) только температуру
- Г) только давление

10. Что такое томографическая система в оптическом эксперименте?

- А) система для измерения спектра
- Б) система для получения пространственного распределения параметров (например, скорости или плотности) по проекциям
- В) система для усиления сигнала
- Г) система для модуляции света

11. Какой метод используется для измерения температурных полей в автоматизированном оптическом эксперименте?

- А) термопарный метод
- Б) оптическая пирометрия или термография с использованием ИК-камер
- В) метод штрихов
- Г) интерферометрия сдвига

12. В какой области наукоемких технологий автоматизация оптических методов наиболее востребована?

- А) в пищевой промышленности
- Б) в биомедицинской диагностике и визуализации
- В) в текстильной отрасли
- Г) в строительстве

13. Какая задача решается с помощью автоматизированных оптико-электронных комплексов измерения полей деформаций?

- А) контроль толщины покрытий
- Б) измерение распределения механических напряжений в материале

В) определение химического состава

Г) измерение влажности

14. Что такое модуляционный спектральный прибор в составе автоматизированной системы?

А) прибор, в котором спектральное разрешение достигается за счёт модуляции сигнала во времени

Б) прибор, использующий только одну длину волны

В) прибор без подвижных частей

Г) прибор, работающий только в УФ-диапазоне

15. Какое из перечисленных направлений является перспективным для развития автоматизации оптического эксперимента?

А) полный отказ от компьютеров

Б) использование искусственного интеллекта для управления экспериментом и обработки больших данных

В) переход только на аналоговую обработку

Г) уменьшение числа датчиков

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Определите цели и задачи автоматизации оптического эксперимента. В чём преимущества автоматизированных систем перед ручными?

2. Назовите основные структурные элементы автоматизированной оптической измерительной системы и опишите их взаимосвязь.

3. Какие типы датчиков и преобразователей используются в оптических экспериментах? Приведите примеры и укажите их основные характеристики.

4. Что такое спектральные приборы с дифракционными решётками, призмённые и интерференционные спектрометры? Как они встраиваются в автоматизированные системы?

5. Опишите принципы организации интерфейсов (информационная, электрическая, конструктивная совместимость). Какие стандартные интерфейсы используются в автоматизации?

6. В чём суть программирования измерительных систем? Какие языки и среды (LabVIEW, Python) применяются и для каких задач?

7. Как организован сбор данных в реальном времени? Какие методы аппроксимации и фильтрации сигналов используются?

8. Каковы основные методы статистической обработки экспериментальных данных и оценки погрешностей в автоматизированных системах?

9. Что такое системы с обратной связью в оптическом эксперименте? Приведите пример их реализации.

10. Опишите устройство и принцип работы автоматизированного лазерного интерферометра для измерения перемещений и вибраций.

11. Как автоматизированные комплексы позволяют измерять скорость и поля скоростей в потоках жидкостей и газов?

12. Что такое томографические и стерео системы измерения поля и объёма скоростей? Каковы их преимущества?

13. Какие методы автоматизированной диагностики температурных полей существуют? Как они реализуются оптическими средствами?

14. Опишите автоматизированные оптико-электронные комплексы для измерения полей деформаций и механических напряжений.

15. Как автоматизация используется для измерения полей концентрации и давления в газовых и жидких средах?

16. Какие особенности имеет комплексная диагностика процессов горения с применением автоматизированных оптических методов?
17. Приведите примеры применения автоматизированных оптических систем в биомедицинских исследованиях (визуализация, спектроскопия, томография).
18. В чём состоит роль автоматизации в лазерной физике и спектроскопии (управление параметрами лазеров, обработка спектров)?
19. Какие перспективные направления развития автоматизации оптического эксперимента можно выделить в ближайшие годы?
20. Разработайте обобщённую схему автоматизированного эксперимента для решения конкретной научной задачи (по выбору) и обоснуйте выбор компонентов.

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			
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. Кирилловский, В. К. Современные оптические исследования и измерения: учебное пособие для вузов / В. К. Кирилловский. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 303 с. — ISBN 978-5-8114-0989-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/210458#2>

Дополнительная литература:

1. Дегоян, С. С. Автоматизация оптического эксперимента: практикум по курсу «Автоматизация оптического эксперимента» / С. С. Дегоян. — Москва: МЭИ, 2023.

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: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

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 твердого тела»
 - 4.2. Программа дисциплины «Избранные главы биологии и химии»
 - 4.3. Программа дисциплины «Материаловедение и технологии материалов»
 - 4.4. Программа дисциплины «Дизайн эксперимента и математическая статистика»
 - 4.5. Программа дисциплины «Технологическое предпринимательство»
 - 4.6. Программа дисциплины «Проектный менеджмент»
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:

1. Овладение фундаментальными принципами физики твердого тела для прогнозирования и направленного изменения физико-химических свойств материалов с заданной структурой и составом.
2. Интеграция знаний из биологии, химии и материаловедения для разработки биосовместимых, биоинспирированных и гибридных материалов с новыми функциональными характеристиками.
3. Освоение современных технологий получения и обработки материалов, включая нано- и композитные структуры, а также методов их диагностики и контроля качества.
4. Приобретение навыков планирования и статистического анализа многофакторных экспериментов с использованием математических методов для поиска оптимальных рецептур и режимов синтеза материалов.
5. Формирование компетенций в области технологического предпринимательства: умение оценивать коммерческий потенциал новых материалов, разрабатывать бизнес-модели и привлекать инвестиции в материаловедческие проекты.
6. Овладение проектным менеджментом для эффективной организации, планирования и контроля выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области дизайна материалов.
7. Развитие способности разрабатывать полный цикл создания материала от идеи до прототипа, включая постановку задачи, выбор методов синтеза и характеристики, оптимизацию свойств, правовую охрану и презентацию проекта перед стейкхолдерами.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: фундаментальные физические законы и математические методы, необходимые для анализа и прогнозирования свойств материалов; современные подходы к планированию экспериментов и статистической обработке данных; а также источники и способы быстрого поиска специализированной информации для решения задач в области материаловедения. Уметь: применять физико-математические модели для целенаправленного дизайна материалов с заданными характеристиками; использовать методы математической

		статистики при оптимизации технологических режимов синтеза и обработки; проводить оперативный поиск и критический анализ научной и технической информации в междисциплинарных областях физики и математики. Владеть: навыками самостоятельного планирования экспериментов и статистической обработки результатов; методами интеграции знаний из различных разделов физики, математики и смежных наук для решения комплексных прикладных задач; приёмами эффективного информационного поиска и оценки достоверности данных при проектировании новых материалов.
ОПК-2. Способен организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	Знать: специализированные физические и математические методы, необходимые для планирования и проведения теоретических и экспериментальных междисциплинарных исследований в области дизайна материалов, включая методы статистической обработки данных, оптимизации экспериментов и математического моделирования свойств веществ. Уметь: применять теоретические и экспериментальные подходы из физики и математики для решения научно-исследовательских задач, связанных с синтезом, характеристикой и оптимизацией материалов, а также прогнозировать использование этих методов в междисциплинарных проектах на стыке физики, химии, биологии и материаловедения. Владеть: навыками организации и проведения научных исследований с применением современных физико-математических методов; способностью выбирать и

		адаптировать подходы из фундаментальных наук для решения прикладных задач дизайна новых материалов с заданными свойствами.
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	Знать: методы анализа и интерпретации результатов научных исследований в области дизайна материалов, критерии оценки их применимости для решения прикладных задач, а также современные тенденции и передовые технологии в материаловедении, физике и математике. Уметь: проводить комплексный анализ результатов собственных и литературных исследований, участвовать в профессиональных дискуссиях о новых методах и технологиях, а также описывать полученные данные с использованием междисциплинарного подхода. Владеть: навыками прогнозирования практической значимости разрабатываемых материалов и технологических решений, методами презентации результатов научной деятельности для различных аудиторий, а также приёмами интеграции знаний из разных областей для обоснования перспективности материаловедческих проектов.
ОПК-4. Способен инициировать проекты и управлять их реализацией в области своей профессиональной деятельности с учетом инновационного технологического и социально-экономического подходов.	ОПК-4.1. Использует знания теории проектной деятельности на практике для создания проектов и их реализации. ОПК-4.2. Прогнозирует результаты реализации проектов с учетом достижения инновационного технологического и социально-экономического показателей.	Знать: теорию и методологию проектной деятельности, способы управления проектами и оценки их инновационного и социально-экономического потенциала в области создания новых материалов. Уметь: инициировать и реализовывать проекты по разработке материалов и технологий, формировать проектные команды, распределять ресурсы, управлять рисками и контролировать выполнение задач в наукоёмких производствах. Владеть: навыками практического применения проектного

		менеджмента В междисциплинарных исследованиях, методами прогнозирования технологической эффективности, коммерческой привлекательности и социальной значимости материаловедческих проектов.
ПК-1. Способен самостоятельно планировать, проводить и анализировать результаты сложного физического эксперимента или компьютерного моделирования в физики наукоемких индустрий, используя современные методики и учитывая метрологические принципы.	ПК-1.1. Разрабатывает детальный план эксперимента или численного исследования, включая обоснование методов. ПК-1.2. Обрабатывает и интерпретирует экспериментальные данные (оптические, спектральные, диагностические) с применением методов математической статистики и алгоритмов машинного обучения.	Знать: современные методики планирования и проведения физического эксперимента и компьютерного моделирования, метрологические принципы, методы математической статистики и алгоритмы машинного обучения для обработки и интерпретации экспериментальных данных. Уметь: разрабатывать детальный план эксперимента или численного исследования с обоснованием выбора методов; обрабатывать и интерпретировать полученные данные, применяя статистические методы и алгоритмы машинного обучения. Владеть: навыками самостоятельной постановки и проведения сложных экспериментов и компьютерного моделирования; методами статистической обработки и машинного анализа экспериментальных данных для их корректной интерпретации.
ПК-2. Способен проектировать элементы, устройства или процессы в области высокотехнологичных индустрий, применяя знания фундаментальных законов и современных технологий для решения инженерных или материаловедческих задач.	ПК-2.1. Выбирает и обосновывает материалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач. ПК-2.2. Рассчитывает и моделирует ключевые параметры устройств. ПК-2.3. Разрабатывает техническое задание или концепцию проекта, оценивая его реализуемость, риски и потенциальную коммерческую ценность. ПК-2.4. Анализирует вопросы надежности, диагностики и особенностей	Знать: фундаментальные физические и химические законы, определяющие структуру и свойства материалов, современные технологии их получения, обработки и диагностики, а также методы расчёта и моделирования ключевых параметров устройств; принципы анализа надёжности, диагностики и испытаний разрабатываемых систем. Уметь: обоснованно выбирать материалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач, проводить расчёты и моделирование

	испытаний разрабатываемых систем.	характеристик устройств с использованием специализированного программного обеспечения, разрабатывать техническое задание или концепцию проекта, оценивать его реализуемость, риски и коммерческий потенциал. Владеть: навыками проектирования элементов, устройств и технологических процессов в высокотехнологичных индустриях, методами оценки надёжности и диагностики материаловедческих решений, приёмами технико-экономического анализа и управления рисками при разработке новых материалов и изделий.
ПК-3. Способен интегрировать знания из различных областей естественных и точных наук для решения комплексных задач на стыке этих наук.	ПК-3.1. Выявляет взаимосвязи между фундаментальными физико-химическими свойствами материалов (оптическими, электронными, поверхностными) и их макроскопическим поведением в сложных системах. ПК-3.2. Применяет принципы и концепции из смежных дисциплин (квантовая механика, астрофизика, биология) для объяснения явлений и проектирования устройств в своей основной области. ПК-3.3. Синтезирует информацию из различных предметных областей для предложения инновационных подходов к созданию новых материалов, приборов или методов диагностики.	Знать: фундаментальные физико-химические свойства материалов и их взаимосвязь с макроскопическим поведением в сложных системах; принципы и концепции из смежных дисциплин, включая квантовую механику, астрофизику и биологию. Уметь: выявлять взаимосвязи между оптическими, электронными и поверхностными свойствами материалов и их поведением в реальных условиях; применять знания из смежных областей для объяснения явлений и проектирования устройств; синтезировать информацию из различных предметных областей. Владеть: навыками интеграции знаний из разных наук для разработки инновационных подходов к созданию новых материалов, приборов и методов диагностики.

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 твердого тела».

Цель изучения дисциплины: углублённое изучение фундаментальных свойств твердых тел, включая их электронную структуру, динамику решётки, оптические характеристики, природу дефектов и современные перспективные направления, для формирования у студентов компетенций, необходимых для проведения научных исследований и решения прикладных 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
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: фундаментальные физические законы и математические методы, описывающие свойства твердых тел, а также современные концепции физики конденсированного состояния; владеть методами быстрого поиска и критического анализа специализированной информации. Уметь: применять физико-математические модели для анализа и прогнозирования свойств твердотельных материалов, интерпретировать экспериментальные данные на основе теоретических представлений, а также оперативно находить и отбирать релевантную научно-техническую информацию. Владеть: навыками самостоятельного теоретического анализа свойств твердых тел, методами интеграции знаний физики твердого тела в материаловедческие и технологические разработки, а также приёмами эффективного поиска, обработки и систематизации информации из научных баз данных и

		литературных источников.
ПК-1. Способен самостоятельно планировать, проводить и анализировать результаты сложного физического эксперимента или компьютерного моделирования в физики наукоемких индустрий, используя современные методики и учитывая метрологические принципы.	ПК-1.1. Разрабатывает детальный план эксперимента или численного исследования, включая обоснование методов. ПК-1.2. Обрабатывает и интерпретирует экспериментальные данные (оптические, спектральные, диагностические) с применением методов математической статистики и алгоритмов машинного обучения. ПК-1.3. Оформляет результаты исследования в виде научной статьи, отвечающей международным стандартам, и представлять их на английском языке.	Знать: современные методики планирования и проведения сложного физического эксперимента и компьютерного моделирования свойств твердых тел, метрологические принципы, методы математической статистики и алгоритмы машинного обучения для обработки данных, а также требования к оформлению научных статей на английском языке. Уметь: самостоятельно разрабатывать детальный план эксперимента или численного исследования, обосновывать выбор методов, обрабатывать и интерпретировать полученные данные с применением статистических методов и машинного обучения, а также оформлять результаты в виде научных публикаций, отвечающих международным стандартам, и представлять их на английском языке. Владеть: навыками постановки и проведения сложных экспериментов и компьютерного моделирования в области физики твердого тела, методами статистической обработки и машинного анализа данных, приемами подготовки научных статей и презентации результатов на английском языке.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Избранные главы физики твердого тела» 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.	Структура и симметрия твердых тел	Понятие кристаллического и аморфного состояния. Трансляционная симметрия и кристаллические решетки Браве. Элементы симметрии: оси, плоскости, центр инверсии, инверсионные оси. Кристаллографические сингонии и пространственные группы. Дифракционные методы исследования структуры: рентгенография, нейтронография, электронография. Дефекты кристаллической структуры: точечные, линейные, поверхностные и объемные дефекты, и их роль в формировании свойств.
2.	Химическая связь и классификация твердых тел	Типы химической связи в твердых телах. Зонная теория как основа классификации твердых тел по электропроводности: металлы, полупроводники, диэлектрики. Энергетические зоны и запрещенные зоны. Особенности зонной структуры в низкоразмерных системах.
3.	Электронные свойства твердых тел	Квантово-механическое описание электронов в периодическом потенциале. Метод почти свободных электронов и метод сильной связи. Эффективная масса электронов и дырок. Полуклассическое уравнение движения электрона в электрическом и магнитном полях. Понятие квазиимпульса. Примесные состояния в полупроводниках. Экситоны. Поверхностные и интерфейсные электронные состояния.
4.	Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства	Динамика кристаллической решетки. Акустические и оптические фононы. Закон дисперсии фононов. Функция распределения фононов. Решеточная теплоемкость: модели Эйнштейна и Дебая. Электронная теплоемкость металлов. Теплопроводность твердых тел. Тепловые свойства наноструктур.
5.	Оптические свойства твердых тел	Взаимодействие электромагнитного излучения с твердым телом. Оптические константы: показатель преломления, коэффициент экстинкции. Межзонные и внутризонные оптические переходы. Экситонные спектры. Фотопроводимость. Люминесценция и фосфоресценция. Оптические свойства полупроводников и диэлектриков. Плазмоны и их роль в оптике металлов. Нелинейно-оптические явления в твердых телах.

6.	Дефекты и неупорядоченные системы	Классификация и термодинамика дефектов. Вакансии, межузельные атомы, дислокации, границы зерен. Диффузия в твердых телах. Аморфные и стеклообразные материалы. Структура и свойства аморфных металлов и полупроводников. Концепция ближнего порядка. Роль дефектов в формировании механических, электрических и оптических свойств. Методы исследования дефектов.
7.	Современные направления физики твердого тела	Топологические изоляторы и полуметаллы. Квантовый эффект Холла. Сильно коррелированные системы. Высокотемпературная сверхпроводимость. Спинтроника и магнетика. Низкоразмерные системы: квантовые ямы, нити, точки и их свойства. Нанопотоника и плазмоника. Физика двумерных материалов.

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: Структура и симметрия твердых тел

Вопросы для обсуждения: Кристаллическое состояние, дальний порядок, трансляционная симметрия, пространственные группы, обратная решетка, дифракционные методы: рентгенография, нейтронография, электронография, точечные дефекты, линейные дефекты: дислокации, поверхностные дефекты.

Тема 2: Химическая связь и классификация твердых тел

Вопросы для обсуждения: Ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь, водородная связь, зонная теория, металлы, полупроводники, диэлектрики, энергетические зоны, запрещенная зона, плотность состояний, низкоразмерные системы: квантовые ямы, нити, точки.

Тема 3: Электронные свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Метод сильной связи, эффективная масса электронов и дырок, квазиимпульс, полуклассическое уравнение движения, примесные состояния, доноры, акцепторы, экситоны.

Тема 4: Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства

Вопросы для обсуждения: Фононы, акустические фононы, оптические фононы, закон дисперсии, решеточная теплоемкость, электронная теплоемкость, теплопроводность: решеточная, электронная, тепловое расширение.

Тема 5: Оптические свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие излучения с веществом, показатель преломления, коэффициент экстинкции, межзонные переходы, край фундаментального поглощения.

Тема 6: Дефекты и неупорядоченные системы

Вопросы для обсуждения: Вакансии, межузельные атомы, дислокации, границы зерен, диффузия, аморфные материалы, стеклообразное состояние, ближний порядок, дальний порядок.

Тема 7: Современные направления физики твердого тела

Вопросы для обсуждения: Топологические изоляторы, дираковские полуметаллы, вейлевские полуметаллы, двумерные материалы: графен, дихалькогениды переходных металлов, нанопотоника, плазмоника.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Структура и симметрия твердых тел

Вопросы для обсуждения: Расчет параметров элементарной ячейки, индцирование дифракционных максимумов.

Тема 2: Химическая связь и классификация твердых тел

Вопросы для обсуждения: Определение типа связи по свойствам, построение схемы зонной структуры, расчет эффективной массы, анализ температурной зависимости проводимости.

Тема 3: Электронные свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Расчет концентрации носителей, построение диаграммы примесного полупроводника.

Тема 4: Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства

Вопросы для обсуждения: Расчет фононного спектра одномерной цепочки.

Тема 5: Оптические свойства твердых тел

Вопросы для обсуждения: Расчет коэффициента поглощения, определение ширины запрещенной зоны.

Тема 6: Дефекты и неупорядоченные системы

Вопросы для обсуждения: Оценка концентрации вакансий, расчет энергии образования дефектов.

Тема 7: Современные направления физики твердого тела

Вопросы для обсуждения: Анализ научных статей по топологическим изоляторам.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Кристаллическое состояние. Ионная, ковалентная, металлическая и ван-дер-ваальсова связь, зонная теория, металлы, полупроводники, диэлектрики, низкоразмерные системы. Межзонные переходы, край поглощения, экситонные спектры, люминесценция, плазмоны. Вакансии, дислокации, аморфное состояние, диффузия. Топологические изоляторы, квантовый эффект Холла, спинтроника, двумерные материалы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчет параметров элементарной ячейки по рентгенограмме, индцирование максимумов, анализ уширения пиков. Построение зонной схемы, расчет эффективной массы, анализ температурной зависимости проводимости. Расчет коэффициента поглощения, определение ширины запрещенной зоны, обработка спектров фотолюминесценции. Оценка концентрации вакансий, расчет энергии образования дефектов, анализ профиля дифракционного пика. Анализ статей по топологическим изоляторам, моделирование зонной структуры графена, расчет спинового транспорта.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Симметрия кристаллов, обратная решетка, дефекты. Классификация твердых тел по зонной теории, типы химической связи, низкоразмерные системы. Электронные свойства: теорема Блоха, эффективная масса, примеси, экситоны. Колебания решетки, фононы, теплоемкость, теплопроводность. Оптические свойства: межзонные переходы, экситоны, люминесценция, плазмоны. Дефекты и аморфное состояние. Современные направления: топологические изоляторы, спинтроника, двумерные материалы.

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
Структура и симметрия твердых тел	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Химическая связь и классификация твердых тел	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Электронные свойства твердых тел	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Колебания кристаллической решетки и тепловые свойства	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Оптические свойства твердых тел	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Дефекты и неупорядоченные системы	ОПК-1, ПК-1	Тестирование
Современные направления физики твердого тела	ОПК-1, 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 «Структура и симметрия твердых тел»

1. **Какое состояние вещества характеризуется наличием дальнего порядка в расположении атомов?**
 - а) Аморфное
 - б) Кристаллическое
 - в) Жидкокристаллическое
 - г) Стеклообразное
2. **Сколько существует типов кристаллических решеток Браве?**
 - а) 7
 - б) 14
 - в) 32
 - г) 230
3. **Какая операция симметрии не относится к точечным элементам симметрии кристалла?**
 - а) Поворотная ось
 - б) Плоскость отражения
 - в) Центр инверсии
 - г) Трансляция
4. **Как называется минимальный объем, повторением которого можно построить весь кристалл?**
 - а) Зона Бриллюэна
 - б) Элементарная ячейка
 - в) Монокристалл
 - г) Поликристалл
5. **Что такое обратная решетка?**
 - а) Решетка, повернутая относительно прямой на 90 градусов
 - б) Решетка, построенная на векторах обратного пространства, связанных с векторами прямой решетки
 - в) Решетка, образованная дефектами кристаллической структуры
 - г) Решетка, описывающая расположение примесных атомов
6. **Какой метод исследования не относится к дифракционным?**
 - а) Рентгенография
 - б) Нейтронография
 - в) Электронная микроскопия
 - г) Электронография
7. **Как называется дефект кристаллической решетки, представляющий собой отсутствие атома в узле?**
 - а) Дислокация
 - б) Вакансия
 - в) Межузельный атом
 - г) Граница зерна
8. **Какая сингония характеризуется равенством всех трех осей и всех углов 90°?**
 - а) Кубическая
 - б) Тетрагональная

в) Гексагональная

г) Ромбическая

9. **Что такое зона Бриллюэна?**

а) Область в обратном пространстве, ограниченная плоскостями, делящими пополам векторы обратной решетки

б) Область в прямом пространстве, содержащая все атомы кристалла

в) Область дефектов кристаллической решетки

г) Область в k-пространстве, где запрещены электронные состояния

10. **Какой тип дефектов относится к линейным?**

а) Вакансия

б) Дислокация

в) Граница зерна

г) Включение второй фазы

11. **Как называется способность кристалла совмещаться с самим собой путем поворотов, отражений или инверсий?**

а) Трансляция

б) Симметрия

в) Периодичность

г) Анизотропия

12. **Что описывает пространственная группа симметрии?**

а) Только точечные элементы симметрии кристалла

б) Только трансляционную симметрию

в) Совокупность всех элементов симметрии (точечных и трансляционных) кристалла

г) Только операции инверсии

13. **Какой параметр определяет период идентичности кристаллической решетки?**

а) Постоянная решетки

б) Межплоскостное расстояние

в) Радиус атома

г) Угол между осями

14. **Что такое поликристалл?**

а) Кристалл, состоящий из одного кристаллита

б) Материал, состоящий из множества мелких кристаллитов, ориентированных хаотично

в) Кристалл с большим количеством дефектов

г) Аморфное вещество

15. **По какому закону происходит дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке?**

а) Закон Бугера-Ламберта-Бера

б) Закон Вульфа-Брэгга

в) Закон Ома

г) Закон Стефана-Больцмана

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Что такое кристаллическое состояние вещества? Дайте определение трансляционной симметрии, решеток Браве, элементарной ячейки.

2. Перечислите элементы симметрии кристаллов. Опишите сингонии и пространственные группы симметрии.

3. Что такое обратная решетка? Как она связана с прямой решеткой? Объясните понятие зоны Бриллюэна.
4. Какие дифракционные методы используются для исследования кристаллической структуры? Кратко охарактеризуйте каждый из них.
5. Классификация дефектов кристаллической решетки и их влияние на свойства материалов.
6. Типы химической связи в твердых телах: ионная, ковалентная, металлическая, ван-дер-ваальсова, водородная. Сравнительная характеристика.
7. Зонная теория твердых тел. Как на основе зонной структуры классифицируют материалы на металлы, полупроводники и диэлектрики?
8. Понятие энергетических зон и запрещенных зон. Зависимость электропроводности от зонной структуры.
9. Особенности зонной структуры низкоразмерных систем.
10. Теорема Блоха. Блоховские волновые функции. Метод почти свободных электронов и метод сильной связи.
11. Эффективная масса электронов и дырок. Ее физический смысл и связь с законом дисперсии.
12. Полуклассическое уравнение движения электрона в кристалле. Понятие квазиимпульса.
13. Примесные состояния в полупроводниках: доноры и акцепторы. Экситоны.
14. Колебания кристаллической решетки: акустические и оптические фононы. Закон дисперсии фононов.
15. Теплоемкость твердых тел: модели Эйнштейна и Дебая. Электронная теплоемкость металлов.
16. Теплопроводность твердых тел. Ангармонизм и тепловое расширение.
17. Оптические свойства твердых тел: межзонные и внутризонные переходы, край фундаментального поглощения.
18. Экситонные спектры. Фотопроводимость, люминесценция. Плазмоны.
19. Аморфные и стеклообразные материалы. Ближний порядок и отсутствие дальнего порядка. Свойства аморфных тел.
20. Современные направления физики твердого тела: топологические изоляторы, квантовый эффект Холла, спинтроника, двумерные материалы.

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	неудовле	не	Менее	
	удовлетворительного уровня		творител	зачтен	55	
			ьно	о		

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

Основная литература:

1. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1001-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167893>
2. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учебное пособие для студентов технических специальностей / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210305>

Дополнительная литература:

1. Чечуев, В. Я. Элементы физики твердого тела: учебное пособие / В. Я. Чечуев. — Новосибирск: ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, 2012. — 160 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=202692>

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: «Избранные главы биологии и химии».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о молекулярных механизмах метаболизма, биоэнергетике, регуляции клеточных процессов, структуре и функции биополимеров, а также о взаимосвязи биохимических и физиологических процессов, необходимых 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-3. Способен интегрировать знания из различных областей естественных и точных наук для решения комплексных задач на стыке этих наук.	ПК-3.1. Выявляет взаимосвязи между фундаментальными физико-химическими свойствами материалов (оптическими, электронными, поверхностными) и их макроскопическим поведением в сложных системах. ПК-3.2. Применяет принципы и концепции из смежных дисциплин (квантовая механика, астрофизика, биология) для объяснения явлений и проектирования устройств в своей основной области. ПК-3.3. Синтезирует информацию из различных предметных областей для предложения инновационных подходов к созданию новых материалов, приборов или методов диагностики.	Знать: фундаментальные физико-химические принципы, лежащие в основе функционирования живых систем (метаболизм, биоэнергетика, кинетика ферментативных реакций, структура и динамика биополимеров, механизмы клеточной регуляции и клеточной смерти). Уметь: выявлять взаимосвязи между физико-химическими свойствами биологических молекул и их макроскопическим поведением в сложных клеточных и тканевых системах; применять концепции из физики, химии и биологии для объяснения биологических явлений и проектирования устройств в области биомедицинской инженерии, биосенсорики и биотехнологии. Владеть: навыками синтеза информации из различных естественно-научных дисциплин для разработки инновационных подходов к созданию новых материалов, диагностических методов и терапевтических систем, а также для решения комплексных междисциплинарных задач на стыке физики, химии и биологии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Избранные главы биологии и химии» 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.	Принципы метаболического контроля	Свойства ферментов как биологических катализаторов. Принципы метаболического контроля и регуляции в клетке. Понятие гомеостаза. Изоферменты и коферменты, их роль в регуляции метаболизма. Медицинские последствия нарушений активности ферментов (ферментопатии).
2.	Основы биохимии питания	Функции основных питательных веществ. Физиологические потребности организма в макро- и микронутриентах. Обзор метаболизма основных классов органических соединений. Энергетические стратегии в клетках человека. Цикл трикарбоновых кислот как центральный метаболический путь.
3.	Дыхательная цепь	Стратегии восстановления энергии в клетке. Структура и функционирование дыхательной цепи митохондрий. Механизмы переноса электронов. Окислительное фосфорилирование как основной путь синтеза АТФ. Регуляция работы дыхательной цепи.
4.	Углеводы в качестве клеточного топлива	Пути поступления углеводов в клетку. Гликолиз, глюконеогенез и их регуляция. Пентозофосфатный путь. Значение углеводов как источника энергии и пластического материала.
5.	Пищеварение	Этапы переваривания липидов в желудочно-

	липидов и внутриорганный транспорт	кишечном тракте. Роль желчных кислот и липаз. Всасывание продуктов гидролиза. Транспорт липидов в крови: структура и функции липопротеинов.
6.	Аминокислоты: источники, метаболизм и функциональная роль	Источники аминокислот. Трансаминирование, дезаминирование и декарбоксилирование аминокислот. Судьба углеродных скелетов и азота. Роль аминокислот как предшественников биологически активных молекул.
7.	Метаболизм гликогена	Структура и функции гликогена как депонированной формы глюкозы. Синтез гликогена (гликогенез). Распад гликогена (гликогенолиз). Регуляция метаболизма гликогена гормонами (инсулин, глюкагон, адреналин). Значение запасов гликогена для организма.
8.	Кинетика биологических реакций	Скорость биохимических реакций и факторы, на неё влияющие. Кинетика ферментативных реакций. Ингибирование ферментов. Применение кинетических методов в медицине и биотехнологии.
9.	Структура белка	Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белка. Силы, стабилизирующие пространственную структуру. Принципы фолдинга белков. Протеостазис.
10.	Взаимосвязь структуры белка и его функций	Контроль функциональной активности белков. Основные принципы и механизмы регуляции. Обратимое ковалентное модифицирование: фосфорилирование белков. Белковые киназы и фосфатазы, их субстратная специфичность. Роль фосфорилирования в клеточной сигнализации.
11.	Аутофагия: механизм клеточной переработки	Определение и биологическое значение аутофагии. Типы аутофагии (макроаутофагия, микроаутофагия, шаперон-опосредованная аутофагия). Молекулярные механизмы и ключевые белки, участвующие в аутофагии. Связь аутофагии с болезнями человека и старением.
12.	Клеточный цикл	Основные фазы клеточного цикла. Контрольные точки и их значение. Циклины и циклин-зависимые киназы. Регуляция переходов между фазами. Нарушения регуляции клеточного цикла и их роль в развитии онкологических заболеваний.
13.	Клеточная смерть: апоптоз и некроз	Сравнительная характеристика апоптоза и некроза. Морфологические и биохимические признаки апоптоза. Внутренний (митохондриальный) и внешний (рецепторный) пути активации апоптоза. Физиологическая роль апоптоза. Патологическое значение некроза.

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: Принципы метаболического контроля

Вопросы для обсуждения: Свойства ферментов как биологических катализаторов и принципы их регуляции в клетке. Понятие гомеостаза и роль изоферментов в адаптации метаболизма. Медицинские последствия нарушений ферментативной активности.

Тема 2: Основы биохимии питания

Вопросы для обсуждения: Функции основных питательных веществ и физиологические потребности организма. Общая схема метаболизма углеводов, липидов и белков. Цикл трикарбоновых кислот как центральный метаболический путь.

Тема 3: Дыхательная цепь

Вопросы для обсуждения: Стратегии восстановления энергии в клетке. Структура дыхательной цепи митохондрий и механизм переноса электронов. Окислительное фосфорилирование как основной путь синтеза АТФ.

Тема 4: Углеводы в качестве клеточного топлива.

Вопросы для обсуждения: Пути поступления углеводов в клетку. Гликолиз, глюконеогенез и их регуляция. Значение углеводов как источника энергии и пластического материала.

Тема 5: Пищеварение липидов и внутриорганый транспорт.

Вопросы для обсуждения: Этапы переваривания липидов, роль желчных кислот и липаз. Всасывание продуктов гидролиза. Транспорт липидов в крови: структура и функции липопротеинов.

Тема 6: Аминокислоты: источники, метаболизм и функциональная роль

Вопросы для обсуждения: Источники аминокислот и пути их превращения в клетке. Трансаминирование, дезаминирование, декарбоксилирование. Роль аминокислот как предшественников биологически активных молекул.

Тема 7: Метаболизм гликогена

Вопросы для обсуждения: Структура и функции гликогена как депонированной формы глюкозы. Синтез и распад гликогена, их гормональная регуляция. Значение запасов гликогена для организма.

Тема 8: Кинетика биологических реакций

Вопросы для обсуждения: Скорость биохимических реакций и факторы, на неё влияющие. Типы ингибирования ферментов и их применение.

Тема 9: Структура белка

Вопросы для обсуждения: Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белка. Силы, стабилизирующие пространственную структуру.

Тема 10: Взаимосвязь структуры белка и его функций

Вопросы для обсуждения: Основные принципы и механизмы регуляции функциональной активности белков. Обратимое ковалентное модифицирование (фосфорилирование). Роль белковых киназ и фосфатаз в клеточной сигнализации.

Тема 11: Аутофагия: механизм клеточной переработки

Вопросы для обсуждения: Определение и биологическое значение аутофагии. Молекулярные механизмы аутофагии. Связь аутофагии с болезнями и старением.

Тема 12: Клеточный цикл

Вопросы для обсуждения: Основные фазы клеточного цикла и контрольные точки. Роль циклинов и циклин-зависимых киназ. Нарушения регуляции клеточного цикла и онкогенез.

Тема 13: Клеточная смерть: апоптоз и некроз

Вопросы для обсуждения: Сравнительная характеристика апоптоза и некроза. Внутренний и внешний пути активации апоптоза. Каспазный каскад и физиологическая роль апоптоза.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Принципы метаболического контроля

Вопросы для обсуждения: Разбор механизмов аллостерической регуляции ферментов на примере ключевых метаболических путей. Анализ клинических случаев ферментопатий. Расчёт активности ферментов по кинетическим данным.

Тема 2: Основы биохимии питания

Вопросы для обсуждения: Расчёт суточной потребности в энергии и нутриентах. Составление сбалансированного рациона. Оценка метаболических нарушений при недостатке витаминов и микроэлементов.

Тема 3: Дыхательная цепь

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетического выхода при окислении различных субстратов. Анализ действия ингибиторов дыхательной цепи (барбитураты, антимицин, цианиды). Интерпретация данных по потреблению кислорода.

Тема 4: Углеводы в качестве клеточного топлива.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетической эффективности гликолиза и окисления глюкозы. Решение задач на регуляцию гликолиза и глюконеогенеза. Анализ лабораторных показателей при сахарном диабете.

Тема 5: Пищеварение липидов и внутриорганный транспорт.

Вопросы для обсуждения: Интерпретация липидограммы. Расчёт индекса атерогенности. Разбор нарушений липидного обмена и их коррекция.

Тема 6: Аминокислоты: источники, метаболизм и функциональная роль

Вопросы для обсуждения: Решение задач на азотистый баланс и судьбу аминокислотных остатков. Определение биологической ценности белков.

Тема 7: Метаболизм гликогена

Вопросы для обсуждения: Интерпретация гликогеновых кривых при нагрузке глюкозой. Разбор гликогенозов. Расчёт времени истощения запасов гликогена при физической нагрузке.

Тема 8: Кинетика биологических реакций

Вопросы для обсуждения: Определение типа ингибирования по изменению кинетических параметров. Анализ конкурентного ингибирования лекарственными препаратами.

Тема 9: Структура белка

Вопросы для обсуждения: Использование биоинформатических инструментов для анализа первичной структуры и предсказания вторичной структуры. Моделирование фолдинга и идентификация доменов.

Тема 10: Взаимосвязь структуры белка и его функций

Вопросы для обсуждения: Анализ структурно-функциональных изменений при фосфорилировании. Интерпретация данных по мутациям, нарушающим функцию белков.

Тема 11: Аутофагия: механизм клеточной переработки

Вопросы для обсуждения: Анализ экспериментальных методов изучения аутофагии. Разбор роли аутофагии в нейродегенеративных заболеваниях и раке. Оценка фармакологических модуляторов аутофагии.

Тема 12: Клеточный цикл

Вопросы для обсуждения: Интерпретация данных проточной цитометрии. Разбор нарушений контрольных точек при онкогенезе.

Тема 13: Клеточная смерть: апоптоз и некроз

Вопросы для обсуждения: Различение апоптоза и некроза по морфологическим и биохимическим критериям

Требования к самостоятельной работе студентов

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

биохимии питания. Дыхательная цепь. Углеводы в качестве клеточного топлива. Пищеварение липидов и внутриорганный транспорт. Аминокислоты: источники, метаболизм и функциональная роль. Метаболизм гликогена. Кинетика биологических реакций. Структура белка. Взаимосвязь структуры белка и его функций. Аутофагия: механизм клеточной переработки. Клеточный цикл. Клеточная смерть: апоптоз и некроз.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Принципы метаболического контроля. Основы биохимии питания. Дыхательная цепь. Углеводы в качестве клеточного топлива. Пищеварение липидов и внутриорганный транспорт. Аминокислоты: источники, метаболизм и функциональная роль. Метаболизм гликогена. Кинетика биологических реакций. Структура белка. Взаимосвязь структуры белка и его функций. Аутофагия: механизм клеточной переработки. Клеточный цикл. Клеточная смерть: апоптоз и некроз.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Принципы метаболического контроля. Основы биохимии питания. Дыхательная цепь. Углеводы в качестве клеточного топлива. Пищеварение липидов и внутриорганный транспорт. Аминокислоты: источники, метаболизм и функциональная роль. Метаболизм гликогена. Кинетика биологических реакций. Структура белка. Взаимосвязь структуры белка и его функций. Аутофагия: механизм клеточной переработки. Клеточный цикл. Клеточная смерть: апоптоз и некроз.

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
Принципы метаболического контроля	ПК-3	Тестирование
Основы биохимии питания	ПК-3	Тестирование
Дыхательная цепь	ПК-3	Тестирование
Углеводы в качестве клеточного топлива	ПК-3	Тестирование
Пищеварение липидов и внутриорганный транспорт	ПК-3	Тестирование
Аминокислоты: источники, метаболизм и функциональная роль	ПК-3	Тестирование
Метаболизм гликогена	ПК-3	Тестирование
Кинетика биологических реакций	ПК-3	Тестирование
Структура белка	ПК-3	Тестирование
Взаимосвязь структуры белка и его функций	ПК-3	Тестирование
Аутофагия: механизм клеточной переработки	ПК-3	Тестирование
Клеточный цикл	ПК-3	Тестирование
Клеточная смерть: апоптоз и некроз	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 «Принципы метаболического контроля»

- Какие белки выполняют роль биологических катализаторов в клетке?
 - Транспортные белки
 - Ферменты
 - Структурные белки
 - Рецепторные белки
- Что такое гомеостаз?
 - Поддержание динамического постоянства внутренней среды организма
 - Процесс синтеза белка
 - Катаболизм глюкозы
 - Транспорт кислорода кровью
- Как называются разные молекулярные формы одного и того же фермента, катализирующие одну и ту же реакцию, но различающиеся по физико-химическим свойствам?

- а) Апоферменты
 - б) Коферменты
 - в) Изоферменты
 - г) Проферменты
4. **Какое соединение выполняет роль небелковой части сложного фермента (кофактора), прочно связанной с апоферментом?**
- а) Кофермент
 - б) Простетическая группа
 - в) Субстрат
 - г) Ингибитор
5. **Какой из перечисленных витаминов входит в состав кофермента НАД⁺ (никотинамидадениндинуклеотида)?**
- а) Витамин В₁ (тиамин)
 - б) Витамин В₂ (рибофлавин)
 - в) Витамин В₃ (ниацин)
 - г) Витамин В₆ (пиридоксин)
6. **Что такое аллостерическая регуляция ферментов?**
- а) Изменение активности фермента за счет связывания эффектора с центром, отличным от активного
 - б) Необратимое ингибирование активного центра
 - в) Фосфорилирование фермента
 - г) Протеолитическая активация профермента
7. **Какой тип регуляции осуществляется путем фосфорилирования/дефосфорилирования фермента?**
- а) Аллостерическая регуляция
 - б) Ковалентная модификация
 - в) Протеолитическая активация
 - г) Регуляция по принципу обратной связи
8. **Как называется заболевание, вызванное нарушением активности какого-либо фермента вследствие генетического дефекта?**
- а) Инфекционное заболевание
 - б) Ферментопатия
 - в) Аутоиммунное заболевание
 - г) Онкологическое заболевание
9. **Какой фермент играет ключевую роль в регуляции гликолиза и ингибируется АТФ?**
- а) Гексокиназа
 - б) Фосфофруктокиназа-1
 - в) Пируваткиназа
 - г) Лактатдегидрогеназа
10. **Какое вещество является универсальным донором энергии в клетке и участвует в регуляции многих ферментов?**
- а) АДФ
 - б) АТФ
 - в) НАДФН
 - г) Ацетил-КоА
11. **Что такое кофермент?**
- а) Белковая часть фермента
 - б) Органический кофактор, слабо связанный с апоферментом и участвующий в переносе групп
 - в) Неорганический ион-активатор
 - г) Субстрат ферментативной реакции

12. **Какой из перечисленных эффекторов является классическим примером аллостерического ингибитора в цикле трикарбоновых кислот?**
а) Оксалоацетат
б) Цитрат
в) Исоцитрат
г) α -Кетоглутарат
13. **Механизм обратной связи в метаболических путях означает:**
а) Стимуляцию первого фермента пути конечным продуктом
б) Ингибирование первого фермента пути конечным продуктом
в) Активацию всех ферментов пути
г) Снижение концентрации субстрата
14. **Фенилкетонурия является примером ферментопатии, связанной с дефицитом фермента:**
а) Тирозиназа
б) Фенилаланингидроксилаза
в) Фенилпируватдекарбоксилаза
г) Триптофанпирролаза
15. **В чем отличие конкурентного ингибирования от неконкурентного?**
а) Конкурентный ингибитор связывается с активным центром, неконкурентный – с аллостерическим
б) Конкурентный ингибитор необратим, неконкурентный – обратим
в) Конкурентный ингибитор увеличивает максимальную скорость, неконкурентный – уменьшает
г) Конкурентный ингибитор снижает сродство субстрата, неконкурентный – не влияет на сродство

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Биология как наука, ее достижения, методы исследования, связи с другими науками. Роль биологии в формировании современной естественнонаучной картины мира.
2. Признаки и свойства живого: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, воспроизведение, развитие.
3. Уровневая организация и эволюция. Основные уровни организации живой природы: клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический, биосферный.
4. Биологические системы. Общие признаки биологических систем: клеточное строение, особенности химического состава, обмен веществ и превращения энергии, гомеостаз, раздражимость, движение, рост и развитие, воспроизведение, эволюция.
5. Химический состав клетки. Макро- и микроэлементы.
6. Неорганические вещества клетки. Вода, минеральные соли. Особенности строения, функции в клетке и организме.
7. Основные типы органических веществ в клетке. Взаимосвязь строения и функций неорганических и органических веществ (белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, АТФ), входящих в состав клетки. Роль химических веществ в клетке и организме человека.
8. Классификация углеводов, особенности их структуры.
9. Строение и функции моносахаридов.
10. Строение и функции полисахаридов.
11. Особенности строения белков как биологических полимеров. Мономеры белка.
12. Строение первичной и вторичной структуры белка.
13. Строение третичной и четвертичной структуры белка.
14. Функции белков. Ферменты – биологически активные вещества клетки.

15. Особенности структуры и функции липидов. Функции липидов в клетке.
16. Особенности строения нуклеиновых кислот как биологических полимеров. Строение мономеров нуклеиновых кислот.
17. Сходство и различие строения нуклеотидов ДНК и РНК.
18. Строение вторичной структуры ДНК. Понятие о процессе репликации.
19. Строение и функции основных компонентов клетки. Взаимосвязь строения и функций частей и органоидов клетки – основа ее целостности.
20. Строение клетки прокариот.
21. Сходство и различие в строении клетки про- и эукариот.
22. Виды бактерий. Болезнетворные бактерии.
23. Особенности строения клеточной мембраны про- и эукариот.
24. Надмембранные структуры клеток про- и эукариот, их функции.
25. Особенности строения цитоскелета клетки.
26. Особенности строения и функций генетического аппарата клеток про- и эукариот.
27. Строение и функции ядра.
28. Генетический материал ядра – хроматин. Современные представления о гене и геноме.
29. Клеточные органеллы про-кариот.
30. Одномембранные органеллы, их строение и функции.
31. Двухмембранные органеллы, их строение и функции.
32. Безмембранные органеллы, их строение и функции.
33. Специализированные органеллы, их строение и функции.
34. Основные понятия о клеточных процессах. Рост и развитие. Клеточный цикл.
35. Энергетический и пластический обмен, их взаимосвязь.
36. Стадии энергетического обмена. Брожение и дыхание.
37. Стадии биосинтеза белка. Особенности транскрипции и трансляции. Образование вторичной, третичной и четвертичной структуры белков.
38. Ткани многоклеточных организмов. Специализация клеток. Основные виды тканей человека.
39. Строение и функции эпителиальной ткани человека.
40. Строение и функции соединительной ткани человека.
41. Строение и функции мышечной ткани человека.
42. Строение и функции нервной ткани человека.

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. Емельянов, В. В. Биохимия: учебное пособие / В. В. Емельянов, Н. Е. Максимова, Н. Н. Мочульская. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2016. — 132 с. — ISBN 978-5-7996-1893-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=421160>
2. Кузьменко, Д. И. Интегративная биохимия. Регуляция метаболизма: учебное пособие для вузов / Д. И. Кузьменко, Т. К. Климентьева. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань,

2026. — 200 с. — ISBN 978-5-507-56495-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/516781>

Дополнительная литература:

1. Коваленко, Л. В. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учебное пособие / Л. В. Коваленко. — 6-е изд., электрон. — Москва: Лаборатория знаний, 2024. — 232 с. — ISBN 978-5-93208-683-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=444727>

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: «Материаловедение и технологии материалов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о современных материалах, технологиях их получения, обработки и исследования, а также о взаимосвязи структуры, фазовых превращений и физико-механических свойств для решения научно-исследовательских и прикладных 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-1. Способен самостоятельно планировать, проводить и анализировать результаты сложного физического эксперимента или компьютерного моделирования в физики наукоёмких индустрий, используя современные методики и учитывая метрологические принципы.	ПК-1.1. Разрабатывает детальный план эксперимента или численного исследования, включая обоснование методов. ПК-1.2. Обрабатывает и интерпретирует экспериментальные данные (оптические, спектральные, диагностические) с применением методов математической статистики и алгоритмов машинного обучения. ПК-1.3. Оформляет результаты исследования в виде научной статьи, отвечающей международным стандартам, и представлять их на английском языке.	Знать: современные методы планирования и проведения материаловедческих экспериментов и компьютерного моделирования, метрологические принципы, способы статистической обработки данных и машинного обучения, а также требования к оформлению научных статей на английском языке. Уметь: самостоятельно разрабатывать план исследования, обосновывать выбор методов синтеза и анализа, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные с применением статистических методов и машинного обучения, а также оформлять результаты в виде публикаций, соответствующих международным стандартам, и представлять их на английском языке. Владеть: навыками постановки сложных материаловедческих экспериментов, статистической обработки и визуализации данных, использования алгоритмов машинного обучения для прогнозирования свойств материалов, а также подготовки научных статей и презентаций на

		английском языке.
ПК-2. Способен проектировать элементы, устройства или процессы в области высокотехнологичных индустрий, применяя знания фундаментальных законов и современных технологий для решения инженерных или материаловедческих задач.	ПК-2.1. Выбирает и обосновывает материалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач. ПК-2.2. Рассчитывает и моделирует ключевые параметры устройств. ПК-2.3. Разрабатывает техническое задание или концепцию проекта, оценивая его реализуемость, риски и потенциальную коммерческую ценность. ПК-2.4. Анализирует вопросы надежности, диагностики и особенностей испытаний разрабатываемых систем.	Знать: фундаментальные принципы формирования структуры и свойств материалов, современные технологические процессы их получения и обработки, методы расчёта и моделирования параметров устройств, а также подходы к оценке надёжности, диагностике и испытаниям материаловедческих систем. Уметь: обоснованно выбирать материалы и технологические процессы для прикладных задач высокотехнологичных индустрий, проводить расчёты и компьютерное моделирование характеристик устройств, разрабатывать техническое задание и концепцию проекта с оценкой реализуемости, рисков и коммерческого потенциала, а также анализировать надёжность и особенности испытаний разрабатываемых систем. Владеть: навыками проектирования элементов, устройств и процессов в области материаловедения, методами обоснования выбора материалов и технологий, приёмами технико-экономического анализа и управления рисками, способами оценки надёжности и организации испытаний материалов и изделий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Материаловедение и технологии материалов» 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.	Классификация и фундаментальные основы материаловедения	Основные классы современных материалов: металлы и сплавы, керамика, полимеры, композиты, аморфные и наноструктурные материалы. Понятие структуры материала, фазового состава и дефектности. Связь между составом, технологией получения, структурой и эксплуатационными свойствами. Принципы выбора материалов для наукоемких отраслей промышленности.
2.	Методы получения и обработки материалов	Основы металлургии и литейного производства. Порошковая металлургия и спекание. Пластическая деформация и термическая обработка. Технологии получения керамических и полимерных материалов. Методы получения композиционных материалов. Особенности получения наноматериалов.
3.	Структурные и фазовые превращения в материалах	Термодинамика и кинетика фазовых превращений. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Фазовые переходы первого и второго рода. Превращения при термической обработке стали. Старение сплавов. Механизмы фазовых и структурных изменений в неметаллических материалах.
4.	Физико-механические свойства материалов	Упругость, прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость, трещиностойкость. Методы механических испытаний. Зависимость механических свойств от температуры, скорости нагружения и структурно-фазового состояния. Физические основы разрушения.
5.	Композиционные и гибридные материалы	Классификация композитов по типу матрицы и армирующего наполнителя. Закон смесей и методы прогнозирования свойств. Технологии получения композитов. Межфазное взаимодействие в гетерогенных системах. Композиты для авиакосмической, автомобильной и строительной индустрии.

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: Классификация и фундаментальные основы материаловедения

Вопросы для обсуждения: Основные классы современных материалов: металлы, керамика, полимеры, композиты, аморфные и наноструктурные материалы. Принципы выбора материалов для наукоемких отраслей промышленности.

Тема 2: Методы получения и обработки материалов

Вопросы для обсуждения: Пластическая деформация и термическая обработка. Технологии получения керамических и полимерных материалов. Методы получения композиционных материалов. Особенности получения наноматериалов.

Тема 3: Структурные и фазовые превращения в материалах

Вопросы для обсуждения: Термодинамика и кинетика фазовых превращений. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Фазовые переходы первого и второго рода. Превращения при термической обработке стали. Старение сплавов. Механизмы фазовых и структурных изменений в неметаллических материалах.

Тема 4: Физико-механические свойства материалов

Вопросы для обсуждения: Упругость, прочность, пластичность, твердость, ударная вязкость, трещиностойкость. Методы механических испытаний. Зависимость механических свойств от температуры, скорости нагружения и структурно-фазового состояния. Физические основы разрушения.

Тема 5: Композиционные и гибридные материалы

Вопросы для обсуждения: Классификация композитов по типу матрицы и армирующего наполнителя. Закон смесей и методы прогнозирования свойств. Композиты для авиакосмической, автомобильной и строительной индустрии.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Классификация и фундаментальные основы материаловедения

Вопросы для обсуждения: Анализ образцов материалов и их классификация. Определение типа структуры по микрофотографиям. Оценка влияния состава и технологии на свойства по справочным данным. Выбор материала для изделия с учетом условий эксплуатации.

Тема 2: Методы получения и обработки материалов

Вопросы для обсуждения: Составление технологической схемы получения заданного материала. Расчет режимов термической обработки стали. Определение параметров порошковой металлургии. Сравнение методов получения наноматериалов по эффективности и области применения.

Тема 3: Структурные и фазовые превращения в материалах

Вопросы для обсуждения: Анализ диаграмм состояния, определение фазового состава и температур переходов. Определение режимов старения сплавов.

Тема 4: Физико-механические свойства материалов

Вопросы для обсуждения: Проведение виртуальных испытаний на растяжение. Измерение твердости разными методами. Анализ зависимости свойств от температуры.

Тема 5: Композиционные и гибридные материалы

Вопросы для обсуждения: Подбор компонентов композита под заданные требования. Расчет плотности, модуля упругости и прочности по правилу смесей. Анализ микроструктуры композитов. Оценка экономической эффективности. Выбор технологии изготовления композиционного изделия.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Классификация и фундаментальные основы материаловедения. Методы получения и обработки материалов. Структурные и фазовые превращения в материалах. Физико-механические свойства материалов. Композиционные и гибридные материалы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ структуры материалов по микрофотографиям. Выбор материала для изделия по условиям эксплуатации. Расчёт режимов термической обработки. Анализ диаграмм состояния и фазовых превращений. Расчёт доли структурных составляющих. Виртуальные механические испытания. Подбор компонентов композита и расчёт свойств по правилу смесей.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классы материалов, связь структуры и свойств. Методы получения и обработки. Типы фазовых превращений, диаграммы состояния. Механические свойства. Композиционные и гибридные материалы, закон смесей.

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
Классификация и фундаментальные основы материаловедения	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Методы получения и обработки материалов	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Структурные и фазовые превращения в материалах	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Физико-механические свойства материалов	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Композиционные и гибридные материалы	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 «Классификация и фундаментальные основы материаловедения»

1. Какие из перечисленных материалов относятся к классу металлов?

- а) Полиэтилен, полипропилен
- б) Сталь, алюминий, медь
- в) Стекло, керамика
- г) Углепластик, стеклопластик

2. Что такое структура материала?

- а) Химический состав вещества
- б) Пространственное расположение атомов, дефектов и фаз
- в) Совокупность механических свойств
- г) Технология изготовления

3. Какой принцип лежит в основе современного материаловедения?

- а) Случайный подбор материалов
- б) Связь между составом, структурой, технологией и свойствами
- в) Использование только природных материалов
- г) Применение исключительно металлических сплавов

4. Какое понятие характеризует однородную часть гетерогенной системы, отделенную от других частей границами раздела?

- а) Компонент
- б) Фаза
- в) Дефект
- г) Зерно

5. Какие материалы называют наноструктурными?

- а) Материалы с размером структурных элементов от 1 до 100 нм
- б) Материалы, содержащие до 1% примесей
- в) Материалы с плотностью менее 1 г/см³
- г) Материалы, полученные методом литья

6. Что из перечисленного относится к композиционным материалам?

- а) Чистый алюминий
- б) Углепластик
- в) Полиэтилен
- г) Стекло

7. Как влияет повышение температуры на прочность большинства металлических материалов?

- а) Прочность возрастает
- б) Прочность не изменяется
- в) Прочность снижается
- г) Зависит от скорости нагрева

8. Какое свойство материала характеризует его способность сопротивляться проникновению более твердого тела?

- а) Прочность
- б) Пластичность
- в) Твердость
- г) Упругость

9. Что такое «дефект кристаллической решетки»?

- а) Отсутствие дальнего порядка в расположении атомов
- б) Нарушение периодичности кристаллической решетки
- в) Наличие примесей в сплаве
- г) Поликристаллическое строение

10. Какой класс материалов обладает высокой электропроводностью и теплопроводностью?

- а) Полимеры
- б) Керамика
- в) Металлы и сплавы
- г) Композиты

11. Что такое аморфное состояние вещества?

- а) Состояние с дальним порядком в расположении атомов
- б) Состояние с отсутствием дальнего порядка и наличием ближнего порядка
- в) Состояние, характерное только для жидких кристаллов
- г) Состояние, при котором вещество находится в газовой фазе

12. Какие из перечисленных материалов относятся к полимерам?

- а) Чугун
- б) Кварц
- в) Поливинилхлорид (ПВХ)
- г) Карбид кремния

13. Какой параметр является наиболее важным при выборе материала для детали, работающей при низких температурах?

- а) Теплопроводность
- б) Ударная вязкость (сопротивление хрупкому разрушению)
- в) Электропроводность
- г) Плотность

14. Что понимают под термином «эксплуатационные свойства» материалов?

- а) Свойства, определяющие поведение материала в условиях производства
- б) Свойства, определяющие поведение материала в готовом изделии при воздействии

внешних факторов

в) Технологические свойства (свариваемость, обрабатываемость)

г) Только механические свойства

15. Для каких отраслей промышленности наиболее важны наноструктурные и композиционные материалы?

а) Пищевая промышленность

б) Легкая промышленность

в) Авиакосмическая, электроника, медицина (наукоемкие технологии)

г) Сельское хозяйство

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение материаловедения. Какие основные классы современных материалов вы знаете? Приведите примеры.
2. Что понимается под структурой материала? Как структура связана с составом, технологией получения и свойствами?
3. Каковы принципы выбора материалов для наукоемких отраслей промышленности? Назовите ключевые критерии.
4. Опишите основные методы получения заготовок: литье, обработка давлением, порошковая металлургия. В чем их достоинства и недостатки?
5. Что такое термическая обработка материалов? Назовите основные виды термической обработки стали и их назначение.
6. Какие технологические операции относятся к обработке материалов давлением? Как они влияют на структуру и свойства?
7. Что такое фазовое превращение? Чем отличаются фазовые переходы первого и второго рода? Приведите примеры.
8. Объясните, что такое диаграмма состояния двойной системы. Как по диаграмме можно определить температуры плавления, фазовый состав и долю фаз?
9. Опишите превращения при термической обработке стали. Как они влияют на твердость и пластичность?
10. Что такое старение сплавов? Какие изменения структуры и свойств при этом происходят?
11. Перечислите основные физико-механические свойства материалов. Дайте их определения.
12. Какими методами испытывают материалы на растяжение? Что можно определить по диаграмме растяжения?
13. Как измеряют твердость материалов? В чем различие этих методов и где каждый применяется?
14. Что такое усталость материалов? Как определяется предел выносливости и строится диаграмма усталости?
15. Как температура влияет на механические свойства металлов и полимеров? Объясните явления хладноломкости и жаропрочности.
16. Дайте определение композиционным материалам. По каким признакам классифицируют композиты?
17. Что такое закон смесей для композитов? Как рассчитывают плотность, модуль упругости и прочность композиционного материала?
18. Опишите основные технологии получения композиционных материалов. Каковы их особенности?
19. Что такое межфазное взаимодействие в композитах? Как оно влияет на свойства и долговечность материала?
20. Приведите примеры применения композиционных и гибридных материалов в авиакосмической, автомобильной промышленности и строительстве.

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. Гетьман, А. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов / А. А. Гетьман. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 492 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/292859>
2. Масанский, О. А. Материаловедение и технологии конструкционных материалов: учебник / О. А. Масанский, В. С. Казаков, А. М. Токмин [и др.]. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. – 336 с. – ISBN 978-5-7638-4096-4. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=381941>

Дополнительная литература:

Курганова, Ю. А. Материаловедение: учебное пособие / Ю. А. Курганова. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2025. – 60 с. – ISBN 978-5-9729-2329-8. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=469608>

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: «Дизайн эксперимента и математическая статистика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области планирования физического эксперимента, статистической обработки и интерпретации полученных данных, а также применения методов математического моделирования и оптимизации для эффективного решения научно-исследовательских 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
ОПК-1. Способен использовать знания из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Знает и использует физические и математические законы для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. ОПК-1.2. Проводит быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: физические и математические основы планирования эксперимента и статистической обработки данных, методы анализа и оптимизации, а также источники специализированной информации для решения профессиональных задач в области физики наукоёмких технологий. Уметь: применять математико-статистические методы при планировании экспериментов, обработке и интерпретации физических данных, а также проводить быстрый поиск и критический отбор научной информации. Владеть: навыками разработки планов экспериментов, выбора методов статистического анализа и оптимизации, а также приёмами систематизации и использования специализированной информации из области математической статистики и дизайна эксперимента.
ОПК-2. Способен организовывать и проводить теоретические и	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические	Знать: современные теоретические и экспериментальные физико-математические методы планирования экспериментов,

экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	статистической обработки данных, регрессионного и дисперсионного анализа, позволяющие организовывать и проводить научные исследования, в том числе междисциплинарные. Уметь: применять указанные методы для решения научно-исследовательских задач, а также прогнозировать использование соответствующих знаний и подходов при решении междисциплинарных задач в области физики наукоёмких технологий. Владеть: навыками организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований с использованием методов математической статистики и дизайна эксперимента, включая планирование многофакторных экспериментов, оптимизацию и моделирование физических процессов.
---	---	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дизайн эксперимента и математическая статистика» 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 планирования эксперимента	Роль экспериментального дизайна в научных исследованиях и технологических разработках. Основные понятия: отклик, фактор, уровень фактора, воспроизводимость. Типы экспериментальных планов: пассивный и активный эксперимент. Классификация планов: однофакторные и многофакторные, полные и дробные факторные планы. Основные принципы рандомизации, репликации, блокирования. Этапы планирования эксперимента: постановка задачи, выбор факторов и областей их варьирования, выбор откликов, разработка матрицы планирования.
2.	Статистическая обработка экспериментальных данных	Первичная обработка данных: вычисление выборочного среднего, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, доверительных интервалов. Проверка нормальности распределения. Выявление и устранение грубых ошибок и выбросов. Проверка однородности дисперсий. Анализ воспроизводимости и стабильности эксперимента.
3.	Дисперсионный и регрессионный анализ	Однофакторный дисперсионный анализ: разложение общей дисперсии, проверка значимости влияния фактора. Многофакторный дисперсионный анализ, взаимодействие факторов. Парная и множественная линейная регрессия: метод наименьших квадратов, оценка коэффициентов, проверка значимости и адекватности модели. Коэффициент детерминации. Нелинейная регрессия и линеаризация. Построение и интерпретация регрессионных моделей физических процессов.
4.	Планирование многофакторных экспериментов	Полные факторные эксперименты. Свойства ПФЭ: ортогональность, симметричность, нормировка. Дробные факторные эксперименты – реплики. Выбор генерирующих соотношений и разрешающая способность. Построение матриц планирования. Оценка эффектов факторов и их взаимодействий. Способы уменьшения числа опытов: метод дробных реплик, случайный баланс.
5.	Методы статистической оптимизации и моделирования	Поиск экстремума отклика. Методы крутого восхождения. Симплексный метод оптимизации. Построение поверхности отклика. Анализ области оптимума. Применение методов оптимизации в физических исследованиях.
6.	Анализ временных рядов и	Специфика экспериментальных данных в

	многомерные методы	физике: зависимые измерения, временные ряды. Автокорреляция, автокорреляционная функция. Спектральный анализ временных рядов. Фильтрация данных. Элементы многомерного статистического анализа: главные компоненты, факторный анализ, кластерный анализ. Применение для классификации и распознавания образов в данных физических экспериментов.
7.	Практическая реализация экспериментального дизайна в физике наукоемких технологий	Стратегия планирования ресурсоемких физических экспериментов. Применение дизайна эксперимента для снижения числа опытов и повышения достоверности. Программные средства статистического анализа и планирования эксперимента. Интерпретация результатов, формулировка статистически обоснованных выводов и прогнозирование поведения систем. Оценка чувствительности, робастности и устойчивости полученных моделей.

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 планирования эксперимента

Вопросы для обсуждения: Роль экспериментального дизайна в научных исследованиях. Основные понятия: отклик, фактор, уровень фактора, воспроизводимость. Типы экспериментальных планов: пассивный и активный эксперимент. Полные и дробные факторные планы. Принципы рандомизации, репликации, блокирования. Этапы планирования эксперимента.

Тема 2: Статистическая обработка экспериментальных данных

Вопросы для обсуждения: Вычисление выборочного среднего, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, доверительных интервалов. Проверка нормальности распределения. Выявление грубых ошибок и выбросов. Проверка однородности дисперсий. Анализ воспроизводимости и стабильности эксперимента.

Тема 3: Дисперсионный и регрессионный анализ

Вопросы для обсуждения: Однофакторный дисперсионный анализ: разложение общей дисперсии, проверка значимости влияния фактора. Многофакторный дисперсионный анализ, взаимодействие факторов. Парная и множественная линейная регрессия: метод наименьших квадратов, оценка коэффициентов, проверка значимости и адекватности модели.

Тема 4: Планирование многофакторных экспериментов

Вопросы для обсуждения: Полные факторные эксперименты. Выбор генерирующих соотношений и разрешающая способность. Построение матриц планирования. Оценка эффектов факторов и их взаимодействий.

Тема 5: Методы статистической оптимизации и моделирования

Вопросы для обсуждения: Поиск экстремума отклика. Методы крутого восхождения. Симплексный метод оптимизации. Построение поверхности отклика. Анализ области

оптимума. Применение методов оптимизации в физических исследованиях.

Тема 6: Анализ временных рядов и многомерные методы

Вопросы для обсуждения: Специфика экспериментальных данных в физике: зависимые измерения, временные ряды. Элементы многомерного статистического анализа: главные компоненты, факторный анализ, кластерный анализ. Применение для классификации и распознавания образов.

Тема 7: Практическая реализация экспериментального дизайна в физике наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Стратегия планирования ресурсоемких физических экспериментов. Применение дизайна эксперимента для снижения числа опытов и повышения достоверности. Программные средства статистического анализа и планирования эксперимента. Оценка чувствительности, робастности и устойчивости полученных моделей.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы планирования эксперимента

Вопросы для обсуждения: Построение матрицы планирования для полного факторного эксперимента. Расчет эффектов факторов и их взаимодействий. Разработка плана эксперимента с учетом рандомизации и блокирования.

Тема 2: Статистическая обработка экспериментальных данных

Вопросы для обсуждения: Вычисление выборочных характеристик по заданному набору данных. Проверка нормальности распределения. Идентификация и удаление выбросов. Проверка однородности дисперсий.

Тема 3: Дисперсионный и регрессионный анализ

Вопросы для обсуждения: Проведение однофакторного дисперсионного анализа. Выполнение двухфакторного дисперсионного анализа. Построение линейной регрессионной модели, расчет коэффициентов, проверка значимости.

Тема 4: Планирование многофакторных экспериментов

Вопросы для обсуждения: Построение матрицы дробного факторного эксперимента. Расчет и интерпретация эффектов.

Тема 5: Методы статистической оптимизации и моделирования

Вопросы для обсуждения: Реализация метода крутого восхождения для поиска оптимума. Построение поверхности отклика. Нахождение координат экстремума. Интерпретация полученных оптимумов.

Тема 6: Анализ временных рядов и многомерные методы

Вопросы для обсуждения: Расчет автокорреляционной функции для временного ряда. Построение спектрограммы. Применение фильтрации. Выполнение метода главных компонент для многомерных данных.

Тема 7: Практическая реализация экспериментального дизайна в физике наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Разработка полного плана эксперимента для реальной научно-исследовательской задачи. Выбор плана и матрицы планирования. Проведение виртуального эксперимента. Обработка результатов, построение регрессионной модели, оптимизация.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы планирования эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных. Дисперсионный и регрессионный анализ. Планирование многофакторных экспериментов. Методы статистической

оптимизации и моделирования. Анализ временных рядов и многомерные методы. Практическая реализация экспериментального дизайна в физике наукоёмких технологий.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Построение матриц планирования и расчёт эффектов факторов. Реализация метода крутого восхождения и симплексного метода. Расчёт автокорреляционной функции и спектральный анализ. Выполнение метода главных компонент. Разработка полного плана эксперимента для реальной исследовательской задачи.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия планирования эксперимента. Типы планов. Принципы рандомизации, репликации, блокирования. Статистические характеристики. Критерии проверки нормальности и однородности дисперсий. Методы выявления выбросов. Схема дисперсионного анализа. Метод наименьших квадратов, оценка значимости и адекватности регрессионной модели. Свойства полного факторного эксперимента. Методы крутого восхождения и симплексной оптимизации.

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 планирования эксперимента	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Статистическая обработка экспериментальных данных	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Дисперсионный и регрессионный анализ	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Планирование многофакторных экспериментов	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Методы статистической оптимизации и моделирования	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Анализ временных рядов и многомерные методы	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Практическая реализация экспериментального дизайна в физике наукоемких технологий	ОПК-1, 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:

Тест по теме «Основы планирования эксперимента»

1. Что такое отклик в планировании эксперимента?

- а) Входной параметр, который изменяется экспериментатором
- б) Результат эксперимента, измеряемая выходная характеристика
- в) Условие проведения опыта
- г) Количество повторных измерений

2. Какой фактор называется управляемым?

- а) Фактор, который нельзя контролировать
- б) Фактор, значения которого задаются экспериментатором
- в) Фактор, влияющий на отклик случайным образом
- г) Фактор, остающийся постоянным в течение эксперимента

3. Что такое активный эксперимент?

- а) Эксперимент, в котором экспериментатор активно вмешивается в процесс, задавая значения факторов
- б) Эксперимент, проводимый без участия человека
- в) Эксперимент, в котором регистрируются только пассивные наблюдения
- г) Эксперимент с большим числом повторений

4. Что означает принцип рандомизации?

- а) Проведение опытов в случайном порядке для исключения влияния неконтролируемых факторов
- б) Увеличение числа параллельных опытов
- в) Фиксация всех факторов на постоянном уровне
- г) Проведение экспериментов в строго заданной последовательности

5. Какой план эксперимента называется полным факторным экспериментом (ПФЭ)?

- а) Эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов
- б) Эксперимент с одним фактором
- в) Эксперимент, в котором часть сочетаний пропущена
- г) Эксперимент, в котором факторы варьируются только на двух уровнях

6. Что такое дробный факторный эксперимент (ДФЭ)?

- а) Эксперимент, в котором используется только половина факторов
- б) Эксперимент, в котором реализуется часть всех возможных сочетаний уровней (реплика)
- в) Эксперимент, в котором число опытов равно числу факторов
- г) Эксперимент, проводимый только при одном уровне факторов

7. Для чего используется репликация в эксперименте?

- а) Для уменьшения числа опытов
- б) Для оценки воспроизводимости и случайной ошибки
- в) Для выбора диапазона варьирования факторов
- г) Для кодирования уровней факторов

8. Что такое блокирование в планировании эксперимента?

- а) Объединение однородных опытов в группы для исключения влияния мешающих факторов
- б) Задание одинаковых значений факторов во всех опытах
- в) Рандомизация порядка проведения опытов
- г) Исключение некоторых факторов из рассмотрения

9. Какова цель предварительного выбора факторов и областей их варьирования?

- а) Обеспечить независимость факторов
- б) Охватить область, где может находиться оптимум
- в) Уменьшить число опытов
- г) Упростить обработку данных

10. Что такое матрица планирования эксперимента?

- а) Таблица, в которой строки соответствуют опытам, а столбцы – уровням факторов
- б) График зависимости отклика от времени
- в) Список используемого оборудования
- г) Блок-схема экспериментальной установки

11. Какой принцип планирования обеспечивает независимую оценку эффектов факторов?

- а) Репликация
- б) Блокирование
- в) Ортогональность матрицы планирования
- г) Центрирование

12. Что такое кодирование уровней факторов?

- а) Преобразование натуральных значений факторов в безразмерные (обычно +1, -1)
- б) Присвоение факторам порядковых номеров
- в) Секретное обозначение факторов
- г) Фиксация факторов на среднем уровне

13. Что называется эффектом фактора?

- а) Изменение отклика при изменении уровня фактора
- б) Дисперсия отклика
- в) Среднее значение отклика
- г) Количество опытов

14. Какой тип плана относится к многофакторным планам первого порядка?

- а) План Бокса-Бенкена
- б) Полный факторный эксперимент 2^k
- в) Центральная композиционный план
- г) План с дробной репликой 3^{k-p}

15. Какой этап планирования эксперимента является первым?

- а) Построение матрицы планирования
- б) Постановка задачи и выбор критерия оптимизации
- в) Проведение опытов
- г) Статистическая обработка результатов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Роль экспериментального дизайна в научных исследованиях. Основные понятия: отклик, фактор, уровень фактора, воспроизводимость.
2. Типы экспериментальных планов: пассивный и активный эксперимент. Классификация планов: однофакторные и многофакторные, полные и дробные факторные планы.
3. Основные принципы планирования эксперимента: рандомизация, репликация, блокирование. Их назначение и применение.
4. Этапы планирования эксперимента: от постановки задачи до разработки матрицы планирования.
5. Первичная статистическая обработка экспериментальных данных: вычисление среднего, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, доверительного интервала.
6. Проверка нормальности распределения экспериментальных данных.
7. Выявление и устранение грубых ошибок и выбросов.
8. Проверка однородности дисперсий.
9. Однофакторный дисперсионный анализ: разложение общей дисперсии, проверка значимости влияния фактора.
10. Многофакторный дисперсионный анализ. Понятие взаимодействия факторов.
11. Парная и множественная линейная регрессия: метод наименьших квадратов, оценка коэффициентов, проверка значимости и адекватности модели.
12. Коэффициент детерминации. Нелинейная регрессия и линеаризация.
13. Полные факторные эксперименты. Свойства ПФЭ: ортогональность, симметричность, нормировка.
14. Дробные факторные эксперименты – реплики. Выбор генерирующих соотношений и разрешающая способность.
15. Центральное композиционное ротатабельное планирование для построения квадратичных моделей.
16. Планы Бокса-Бенкена. Их назначение и особенности.
17. Методы статистической оптимизации: метод крутого восхождения и симплексный метод.
18. Анализ временных рядов: автокорреляция, автокорреляционная функция, спектральный анализ, фильтрация данных.
19. Элементы многомерного статистического анализа: метод главных компонент, факторный анализ, кластерный анализ.
20. Стратегия планирования ресурсоемких физических экспериментов в наукоемких технологиях. Программные средства для статистического анализа и планирования эксперимента. Интерпретация результатов, оценка робастности и устойчивости моделей.

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

аточн ый	удовлетворительного уровня	творител ьно	зачтен о	55
-------------	----------------------------	-----------------	-------------	----

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

Основная литература:

1. Шляхова, Е. А. Математическое моделирование и планирование эксперимента: учебное пособие для магистров, аспирантов и научных работников / Е. А. Шляхова, А. М. Питерский. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2025. — 156 с. — ISBN 978-5-9729-2555-1. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=470059>
2. Сидняев, Н. И. Введение в теорию планирования эксперимента: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Н. И. Сидняев, Н. Т. Вилисова. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. — 463 с. — ISBN 978-5-7038-3365-0. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=428928>

Дополнительная литература:

1. Гиссин, В. И. Планирование эксперимента и обработка результатов: учебное пособие / В. И. Гиссин. — Ростов-на-Дону: Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), 2018. — 131 с. — ISBN 978-5-7972-2431-0. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=464979>

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: «Технологическое предпринимательство».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области технологического предпринимательства, необходимых для коммерциализации результатов научных исследований и создания высокотехнологичных стартапов в сфере 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
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики. ОПК-3.2. Участвует в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в своей области. ОПК-3.3. Описывает результаты научных исследований и профессиональной деятельности с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности.	Знать: методы анализа и оценки применимости результатов научных исследований в области физики для коммерциализации, а также подходы к описанию научных достижений с использованием языка бизнеса, маркетинга и проектного управления. Уметь: анализировать результаты научной деятельности с точки зрения их рыночного потенциала, участвовать в профессиональных дискуссиях о передовых технологиях и их коммерческих приложениях, описывать научные результаты с использованием междисциплинарных подходов для различных аудиторий. Владеть: навыками прогнозирования применимости физико-математических исследований в инновационных проектах, методами презентации научно-технических разработок для обоснования их коммерческой ценности, а также приёмами интеграции знаний из области технологического предпринимательства для эффективной коммерциализации научных результатов.
ОПК-4. Способен инициировать	ОПК-4.1. Использует знания теории проектной	Знать: теорию и методологию проектной деятельности, методы

проекты и управлять их реализацией в области своей профессиональной деятельности с учетом инновационного технологического и социально-экономического подходов.	деятельности на практике для создания проектов и их реализации. ОПК-4.2. Прогнозирует результаты реализации проектов с учетом достижения инновационного технологического и социально-экономического показателей.	управления инновационными проектами, а также подходы к прогнозированию инновационных технологических и социально-экономических результатов. Уметь: инициировать и управлять реализацией проектов в области своей профессиональной деятельности на основе результатов научных исследований, используя знания проектного менеджмента, оценивать инновационный потенциал и социально-экономическую эффективность разрабатываемых решений. Владеть: навыками практического применения проектных подходов для создания и коммерциализации высокотехнологичных продуктов, методами прогнозирования результатов проектов с учётом достижения инновационных технологических и социально-экономических показателей.
--	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологическое предпринимательство» 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 технологического предпринимательства и инновационных процессов	Роль технологического предпринимательства в развитии наукоемких отраслей. Определение, сущность и ключевые характеристики технологического предпринимательства. Отличие технологического предпринимательства от классического бизнеса. Инновационный процесс и его жизненный цикл. Национальная инновационная система и механизмы государственной поддержки высокотехнологичных стартапов. Типы инноваций: продуктовые, процессные, маркетинговые, организационные. Технологические уклады и цифровая трансформация экономической деятельности.
2.	Поиск бизнес-идей, генерация и проверка гипотез	Методы генерации инновационных идей: мозговой штурм, метод фокальных объектов, морфологический анализ, ТРИЗ. Выявление болевых точек целевой аудитории. Постановка и проверка проблемной и решающей гипотез. Анализ рынка: оценка объема, динамики и уровня конкуренции. Критерии выбора рыночной ниши для технологического продукта.
3.	Бизнес-модели, маркетинг и продуктовый дизайн	Понятие бизнес-модели. Шаблон бизнес-модели Остервальдера. Минимально жизнеспособный продукт. Сквозная аналитика и метрики продукта. Разработка уникального ценностного предложения. Пирамида потребностей клиента и методы ценообразования.
4.	Интеллектуальная собственность и правовые аспекты	Объекты интеллектуальной собственности в высокотехнологичных проектах. Патентное право: изобретения, полезные модели, промышленные образцы. Авторское право: программы для ЭВМ, базы данных. Регистрация и правовая охрана товарного знака. Способы коммерциализации объектов интеллектуальной собственности: лицензионные договоры, отчуждение исключительного права, внесение в уставный капитал. Патентные исследования и патентная чистота продукта. Оформление прав на результаты интеллектуальной деятельности, созданные в рамках выполнения НИОКР.
5.	Финансы, венчурное финансирование и привлечение инвестиций	Основы финансового планирования и учета для стартапов. Виды и структура затрат технологического проекта. Прямые и косвенные издержки. Маржинальность продукта. Операционный и финансовый рычаги. Юнит-экономика. Основные источники финансирования. Оценка стоимости стартапа: методы и подходы. Переговоры с инвесторами и

		структурирование сделок.
6.	Управление проектами, рисками и командообразование	Методологии управления проектами. Роли в проектной команде. Организация работы междисциплинарных команд. Управление жизненным циклом проекта. Корпоративное управление проектами. Понятие о системной инженерии. Идентификация и анализ предпринимательских рисков: рыночных, технологических, команды, финансовых, юридических. Методы количественной и качественной оценки рисков. Карта рисков и план управления рисками.
7.	Создание технологического стартапа, презентация и защита проекта	Этапы развития стартапа: от идеи до масштабирования. Организационно-правовые формы ведения бизнеса в РФ. Особенности создания и регистрации юридического лица. Выход на международные рынки: экспортные стратегии, адаптация продукта, международное патентование. Структура и разработка бизнес-плана. Резюме проекта и тизер. Инвестиционная презентация: цели, структура, ключевые слайды. Правила публичной защиты проекта. Техники сторителлинга и ответы на вопросы аудитории. Разбор успешных и неудачных кейсов российских и международных технологических компаний.

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 технологического предпринимательства и инновационных процессов
Вопросы для обсуждения: Роль технологического предпринимательства в развитии наукоемких отраслей. Отличие технологического предпринимательства от классического бизнеса. Инновационный процесс и его жизненный цикл. Типы инноваций: продуктовые, процессные, маркетинговые, организационные. Механизмы государственной поддержки высокотехнологичных стартапов.

Тема 2: Поиск бизнес-идей, генерация и проверка гипотез

Вопросы для обсуждения: Методы генерации инновационных идей: мозговой штурм, ТРИЗ, морфологический анализ. Постановка и проверка проблемной и решающей гипотез. Проведение проблемных и решающих интервью. Анализ рынка: оценка объема, динамики и уровня конкуренции.

Тема 3: Бизнес-модели, маркетинг и продуктовый дизайн

Вопросы для обсуждения: Разработка уникального ценностного предложения. Пирамида потребностей клиента. Юнит-экономика и метрики продукта.

Тема 4: Интеллектуальная собственность и правовые аспекты

Вопросы для обсуждения: Объекты интеллектуальной собственности в

высокотехнологичных проектах: изобретения, полезные модели, промышленные образцы, программы для ЭВМ, базы данных, товарные знаки. Способы коммерциализации: лицензионные договоры, отчуждение исключительного права.

Тема 5: Финансы, венчурное финансирование и привлечение инвестиций

Вопросы для обсуждения: Основы финансового планирования для стартапов. Виды затрат и маржинальность. Источники финансирования. Этапы венчурного финансирования. Оценка стоимости стартапа.

Тема 6: Управление проектами, рисками и командообразование

Вопросы для обсуждения: Роли в проектной команде. Управление жизненным циклом проекта. Идентификация предпринимательских рисков: рыночные, технологические, финансовые, юридические. Качественная и количественная оценка рисков. Карта рисков и план реагирования.

Тема 7: Создание технологического стартапа, презентация и защита проекта

Вопросы для обсуждения: Этапы развития стартапа: от идеи до масштабирования. Организационно-правовые формы ведения бизнеса. Структура бизнес-плана. Правила публичной защиты проекта. Разбор успешных и неудачных кейсов технологических компаний.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы технологического предпринимательства и инновационных процессов
Вопросы для обсуждения: Анализ инновационной экосистемы России и зарубежных стран. Оценка государственных мер поддержки стартапов. Классификация примеров инновационных компаний по типам инноваций.

Тема 2: Поиск бизнес-идей, генерация и проверка гипотез

Вопросы для обсуждения: Применение методов генерации идей. Составление карты эмпатии и профиля целевого клиента. Проведение проблемных интервью.

Тема 3: Бизнес-модели, маркетинг и продуктовый дизайн

Вопросы для обсуждения: Определение минимально жизнеспособного продукта и его ключевых функций. Разработка ценностного предложения.

Тема 4: Интеллектуальная собственность и правовые аспекты

Вопросы для обсуждения: Проведение патентного поиска по тематике проекта. Определение патентоспособности технического решения.

Тема 5: Финансы, венчурное финансирование и привлечение инвестиций

Вопросы для обсуждения: Составление финансовой модели стартапа. Расчет точки безубыточности и срока окупаемости. Оценка потребности в инвестициях. Подготовка резюме для инвестора.

Тема 6: Управление проектами, рисками и командообразование

Вопросы для обсуждения: Составление дорожной карты проекта с этапами и контрольными точками. Назначение ролей в команде и матрицы ответственности. Идентификация и оценка рисков. Разработка плана реагирования на риски.

Тема 7: Создание технологического стартапа, презентация и защита проекта

Вопросы для обсуждения: Разработка бизнес-плана стартапа. Подготовка инвестиционной презентации (10-12 слайдов). Отработка навыков публичной защиты проекта (питч). Рецензирование и разбор презентаций других проектов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы технологического предпринимательства и инновационных процессов. Поиск бизнес-идей, генерация и проверка гипотез. Бизнес-модели, маркетинг и продуктовый дизайн. Интеллектуальная собственность и правовые аспекты. Финансы, венчурное финансирование и привлечение

инвестиций. Управление проектами, рисками и командообразование. Создание технологического стартапа, презентация и защита проекта.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ инновационной экосистемы. Применение методов генерации идей. Проведение проблемных интервью и расчет объема рынка. Заполнение шаблона бизнес-модели Остервальдера. Разработка минимально жизнеспособного продукта и ценностного предложения. Расчет юнит-экономики. Патентный поиск и определение патентоспособности. Составление финансовой модели стартапа и оценка потребности в инвестициях. Подготовка резюме для инвестора. Составление дорожной карты проекта и идентификация рисков. Подготовка инвестиционной презентации и отработка питча.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Отличия технологического предпринимательства от классического бизнеса. Методы генерации и проверки гипотез. Объекты интеллектуальной собственности и способы их коммерциализации. Источники венчурного финансирования. Этапы развития стартапа. Структура бизнес-плана и инвестиционной презентации. Правила публичной защиты проекта.

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
Основы технологического предпринимательства и инновационных процессов	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
Поиск бизнес-идей, генерация и проверка гипотез	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
Бизнес-модели, маркетинг и продуктовый дизайн	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
Интеллектуальная собственность и правовые аспекты	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
Финансы, венчурное финансирование и привлечение инвестиций	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
Управление проектами, рисками и командообразование	ОПК-3, ОПК-4	Тестирование
Создание технологического стартапа, презентация и защита проекта	ОПК-3, ОПК-4	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 технологического предпринимательства и инновационных процессов»

- Что является основным отличием технологического предпринимательства от классического бизнеса?**
 - Ориентация на краткосрочную прибыль
 - Использование результатов научных исследований и разработок для создания нового продукта или технологии
 - Минимальные риски
 - Отсутствие необходимости в инвестициях
- Что такое инновационный процесс?**
 - Процесс производства товаров массового потребления
 - Последовательность этапов от возникновения идеи до внедрения нового продукта или технологии на рынок
 - Процесс ликвидации устаревших технологий
 - Процесс ценообразования
- Какой тип инноваций связан с внедрением нового оборудования или технологии производства?**
 - Продуктовые инновации
 - Процессные инновации
 - Маркетинговые инновации
 - Организационные инновации

4. **Что такое «технологическое предпринимательство»?**

- а) Бизнес, основанный на традиционных ремеслах
- б) Деятельность по созданию и коммерциализации высокотехнологичных продуктов и услуг
- в) Торговля лицензиями
- г) Консалтинговые услуги

5. **Какая из перечисленных организаций является элементом национальной инновационной системы России?**

- а) Сбербанк
- б) Фонд содействия инновациям (Фонд Бортника)
- в) Министерство сельского хозяйства
- г) Пенсионный фонд

6. **Что такое инновация?**

- а) Изобретение, не нашедшее применения
- б) Внедренное новшество, обеспечивающее коммерческую или социальную эффективность
- в) Научная статья
- г) Патент

7. **Какой тип инноваций связан с изменением ценностного предложения для клиента?**

- а) Процессные инновации
- б) Продуктовые инновации
- в) Организационные инновации
- г) Маркетинговые инновации

8. **В чем заключается основная цель государственной поддержки технологического предпринимательства?**

- а) Замена частного бизнеса
- б) Стимулирование разработки и внедрения инноваций, повышение конкурентоспособности экономики
- в) Снижение налогов для всех предприятий
- г) Увеличение числа государственных корпораций

9. **Что из перечисленного относится к продуктовым инновациям?**

- а) Внедрение нового метода управления персоналом
- б) Разработка нового типа солнечной батареи с более высоким КПД
- в) Создание нового сайта для продвижения продукта
- г) Переход на новую систему бухгалтерского учета

10. **Кто такие «бизнес-ангелы» в контексте технологического предпринимательства?**

- а) Государственные чиновники, поддерживающие инновации
- б) Частные инвесторы, вкладывающие собственные средства в стартапы на ранних стадиях
- в) Консультанты по управлению
- г) Сотрудники патентных бюро

11. **Что такое «технологический уклад»?**

- а) Степень развития технологий, характеризующаяся определенным уровнем производительности труда
- б) Устройство для укладки технологического оборудования
- в) Совокупность правил оформления патентов
- г) Метод управления инновациями

12. **Какой этап жизненного цикла инновации соответствует выходу продукта на рынок?**

- а) Фундаментальное исследование
- б) Прикладное исследование

в) Опытнo-конструкторская разработка

г) Коммерциализация

13. Какая из перечисленных мер относится к налоговым стимулам для инновационных компаний?

а) Предоставление грантов

б) Субсидирование процентных ставок по кредитам

в) Пониженные ставки страховых взносов для ИТ-компаний

г) Бесплатное обучение сотрудников

14. Что такое «инфраструктура поддержки инноваций»?

а) Только технопарки

б) Технопарки, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий, особые экономические зоны

в) Только государственные фонды

г) Только университеты

15. Какое из определений наиболее полно соответствует понятию «инновационная экономика»?

а) Экономика, основанная на добыче полезных ископаемых

б) Экономика, в которой основным источником роста является производство и внедрение знаний и инноваций

в) Экономика, ориентированная на импорт товаров

г) Экономика, основанная на сельском хозяйстве

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение технологическому предпринимательству. В чем его отличие от классического бизнеса?

2. Что такое инновационный процесс? Опишите его основные этапы.

3. Перечислите и охарактеризуйте основные типы инноваций.

4. Какие методы генерации инновационных бизнес-идей вы знаете? Кратко охарактеризуйте мозговой штурм, ТРИЗ, морфологический анализ.

5. Что такое Customer Development? Опишите концепцию развития потребителей.

6. Как формулируются и проверяются проблемная и решающая гипотезы в технологическом стартапе?

7. Что такое проблемное интервью и решающее интервью? Каковы цели и особенности их проведения?

8. Как оценивается объем рынка для нового технологического продукта? Объясните понятия TAM, SAM, SOM.

9. Опишите шаблон бизнес-модели Остервальдера. Для чего он используется?

10. Что такое Lean Startup? В чем суть концепции бережливого стартапа и минимально жизнеспособного продукта?

11. Что такое юнит-экономика? Объясните ключевые метрики.

12. Какие объекты интеллектуальной собственности могут быть в высокотехнологичном проекте? Как они охраняются?

13. Какие существуют способы коммерциализации интеллектуальной собственности?

14. Что такое патентные исследования и патентная чистота продукта? Зачем они нужны?

15. Перечислите основные источники финансирования технологического стартапа на разных этапах.

16. Назовите этапы венчурного финансирования. Чем отличается бизнес-ангел от венчурного фонда?

17. Какие методологии управления проектами применяются в стартапах? В чем их особенности?

18. Как проводится идентификация и анализ предпринимательских рисков? Какие основные виды рисков существуют?
19. Опишите структуру бизнес-плана технологического стартапа. Что такое инвестиционная презентация?
20. Каковы основные этапы создания и масштабирования технологического стартапа? Приведите примеры успешных и неудачных кейсов.

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. Глухих, П. Л. Технологическое предпринимательство: учебное пособие / П. Л. Глухих. — Москва: ИНФРА-М, 2025. — 316 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-16-020452-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=453946>
2. Технологическое предпринимательство и управление проектами: практикум / В. В. Двоеглазов, Г. С. Цветкова, О. С. Белокур [и др.]; под общ. ред. В. В. Двоеглазова. — Йошкар-Ола: ПГТУ, 2024. — 114 с. — ISBN 978-5-8158-2395-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=454882>

Дополнительная литература:

1. Путилов, А. В. Коммерциализация технологий и промышленные инновации: учебное пособие / А. В. Путилов, Ю. В. Черняховская. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 324 с. — ISBN 978-5-8114-3371-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213212>

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. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Проектный менеджмент».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области управления проектами, включая инициацию, планирование, ресурсное и финансовое обеспечение, управление рисками, коммуникациями, качеством, контроль и завершение проектов, а также развитие компетенций, необходимых для эффективного управления научно-исследовательскими и инновационными проектами в сфере 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
ОПК-4. Способен инициировать проекты и управлять их реализацией в области своей профессиональной деятельности с учетом инновационного технологического и социально-экономического подходов.	ОПК-4.1. Использует знания теории проектной деятельности на практике для создания проектов и их реализации. ОПК-4.2. Прогнозирует результаты реализации проектов с учетом достижения инновационного технологического и социально-экономического показателей.	Знать: основные понятия и стандарты проектного менеджмента, этапы жизненного цикла проекта, методы инициации, планирования, реализации и завершения, подходы к управлению ресурсами, стоимостью, рисками, коммуникациями и качеством, а также особенности управления научно-исследовательскими и инновационными проектами в области физики наукоёмких технологий. Уметь: разрабатывать устав проекта и определять ключевых стейкхолдеров, составлять иерархическую структуру работ, сетевые графики и диаграмму Ганта, оптимизировать план-график по срокам и ресурсам, оценивать стоимость и бюджетировать, проводить анализ рисков, организовывать коммуникации и контроль качества, осуществлять мониторинг с использованием метода освоенного объёма, управлять изменениями и готовить отчётность. Владеть: навыками практического применения инструментов проектного менеджмента для

		планирования и реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, методами управления рисками в условиях неопределённости, приёмами использования программных средств управления проектами, а также способностью адаптировать гибкие методологии к задачам физических исследований и разработок.
--	--	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Проектный менеджмент» 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 проектный менеджмент. Основные понятия и определения	Определение проекта, его ключевые признаки и отличия от операционной деятельности. Классификация проектов по масштабу, срокам, сложности, предметной области, характеру предметной области. Жизненный цикл проекта: фазы и этапы. Участники проекта. Внешняя и внутренняя среда проекта. Понятие проектного менеджмента, его эволюция и современные стандарты управления проектами.

2.	Инициация проекта и разработка устава	Обоснование целесообразности проекта: бизнес-кейс, предварительное технико-экономическое обоснование. Анализ заинтересованных сторон: идентификация, оценка влияния и интересов, построение матрицы стейкхолдеров. Разработка устава проекта: назначение, структура, ключевые элементы. Формализация и утверждение устава. Создание команды проекта и распределение ролей.
3.	Планирование проекта: структура и методы	Разработка иерархической структуры работ – основные принципы, подходы и нотации. Понятие продуктовой и процессной декомпозиции. Сетевые методы планирования: диаграмма Ганта, метод критического пути, метод оценки и анализа проектов. Определение зависимостей между работами и оценка их длительности. Расчет резервов времени. Оптимизация плана-графика по срокам и ресурсам.
4.	Управление ресурсами, стоимостью и рисками проекта	Планирование потребности в ресурсах: человеческих, материально-технических, финансовых, информационных. Построение матрицы ответственности. Методы оценки стоимости работ. Бюджетирование проекта и управление денежными потоками. Основы управления рисками: идентификация, качественный и количественный анализ. Планирование реагирования на риски. Формирование реестра рисков и плана управления рисками.
5.	Управление коммуникациями и качеством в проекте	Планирование коммуникаций: определение информационных потребностей стейкхолдеров, выбор форматов и частоты отчетности. Методы сбора и распространения информации. Ведение проектной документации. Основы управления качеством проектов: понятие качества проекта, стандарты качества. Планирование качества, обеспечение качества, контроль качества. Методы контроля качества.
6.	Мониторинг, контроль и завершение проекта	Методы мониторинга хода выполнения проекта: анализ освоенного объема. Основные метрики: плановая стоимость, освоенная стоимость, фактическая стоимость, отклонения по стоимости и срокам, индексы выполнения бюджета и сроков. Прогнозирование итоговой стоимости и сроков завершения. Управление изменениями проекта: процедура внесения изменений, анализ воздействия, ведение журнала изменений. Закрытие проекта: финальный

		отчет, подписание актов приемки, формирование архива документов, постпроектный анализ, расформирование команды.
7.	Особенности управления научно-исследовательскими и инновационными проектами в области физики наукоемких технологий	Специфика научно-исследовательских проектов: высокая неопределенность, уникальность результатов, необходимость постоянной адаптации планов, роль экспертных оценок. Управление исследованиями и разработками. Применение гибких методологий в НИОКР. Управление проектами с привлечением грантового финансирования. Особенности управления проектами в области нанотехнологий, фотоники, материаловедения: междисциплинарный характер, работа с уникальным оборудованием, соблюдение требований промышленной безопасности и охраны интеллектуальной собственности. Разбор кейсов.

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 проектный менеджмент. Основные понятия и определения

Вопросы для обсуждения: Определение проекта и отличие от операционной деятельности. Жизненный цикл проекта. Заинтересованные стороны. Стандарты управления проектами. Критерии успеха проекта.

Тема 2: Инициация проекта и разработка устава

Вопросы для обсуждения: Анализ заинтересованных сторон, матрица стейкхолдеров. Устав проекта: цели, границы, бюджет, сроки, ключевые участники. Создание команды и распределение ролей.

Тема 3: Планирование проекта: структура и методы

Вопросы для обсуждения: Иерархическая структура работ. Сетевые методы: диаграмма Ганта, метод критического пути, метод оценки и анализа проектов. Определение зависимостей и длительности работ. Резервы времени. Оптимизация плана по срокам и ресурсам.

Тема 4: Управление ресурсами, стоимостью и рисками проекта

Вопросы для обсуждения: Планирование ресурсов: человеческих, материальных, финансовых. Матрица ответственности. Оценка стоимости работ: аналоговый, параметрический, снизу вверх. Бюджетирование. Идентификация рисков, качественный и количественный анализ. Планирование реагирования на риски: уклонение, передача, снижение, принятие. Реестр рисков.

Тема 5: Управление коммуникациями и качеством в проекте

Вопросы для обсуждения: Планирование коммуникаций: информационные потребности заинтересованных сторон, форматы и частота отчетности. Проектная документация. Стандарты качества.

Тема 6: Мониторинг, контроль и завершение проекта

Вопросы для обсуждения: Анализ освоенного объема: плановая стоимость, освоенная стоимость, фактическая стоимость, отклонения по стоимости и срокам, индексы выполнения бюджета и сроков. Прогнозирование итоговой стоимости. Управление изменениями

Тема 7: Особенности управления научно-исследовательскими и инновационными проектами в области физики наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Высокая неопределенность, уникальность результатов, междисциплинарность. Грантовое финансирование. Применение гибких методологий в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Работа с уникальным оборудованием, охрана интеллектуальной собственности.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в проектный менеджмент. Основные понятия и определения

Вопросы для обсуждения: Анализ реальных кейсов: определение типа проекта, жизненного цикла, заинтересованных сторон. Определение критериев успеха.

Тема 2: Инициация проекта и разработка устава

Вопросы для обсуждения: Разработка устава и матрицы стейкхолдеров для учебного научно-исследовательского проекта. Определение целей, границ, ограничений.

Тема 3: Планирование проекта: структура и методы

Вопросы для обсуждения: Построение иерархической структуры работ, сетевого графика, диаграммы Ганта. Расчет критического пути. Оптимизация графика.

Тема 4: Управление ресурсами, стоимостью и рисками проекта

Вопросы для обсуждения: Построение матрицы ответственности. Оценка стоимости, бюджетирование. Качественный и количественный анализ рисков, карта рисков. Разработка плана реагирования.

Тема 5: Управление коммуникациями и качеством в проекте

Вопросы для обсуждения: Разработка плана коммуникаций. Применение методов контроля качества к учебному проекту.

Тема 6: Мониторинг, контроль и завершение проекта

Вопросы для обсуждения: Расчет показателей анализа освоенного объема. Прогнозирование итоговой стоимости. Разработка процедуры управления изменениями. Составление финального отчета и постпроектного анализа.

Тема 7: Особенности управления научно-исследовательскими и инновационными проектами в области физики наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Разбор кейсов успешных и неуспешных проектов в области физики. Разработка плана грантового проекта. Применение гибких методологий для планирования научного эксперимента. Анализ рисков интеллектуальной собственности.

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 в проектный менеджмент. Основные понятия и определения	ОПК-4	Тестирование
Инициация проекта и разработка устава	ОПК-4	Тестирование
Планирование проекта: структура и методы	ОПК-4	Тестирование
Управление ресурсами, стоимостью и рисками проекта	ОПК-4	Тестирование
Управление коммуникациями и качеством в проекте	ОПК-4	Тестирование
Мониторинг, контроль и завершение проекта	ОПК-4	Тестирование
Особенности управления научно-	ОПК-4	Тестирование

исследовательскими инновационными проектами области физики наукоемких технологий	и в		
---	--------	--	--

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 проектный менеджмент. Основные понятия и определения»

1. Что такое проект?

- а) Совокупность повторяющихся операций, направленных на поддержание текущей деятельности
- б) Временное предприятие, направленное на создание уникального продукта, услуги или результата
- в) Непрерывный процесс производства однотипной продукции
- г) Любая деятельность, имеющая бюджет и сроки

2. Какой из перечисленных признаков является ключевым для проекта?

- а) Постоянство (непрерывность выполнения)
- б) Уникальность и временная ограниченность
- в) Многократная повторяемость результатов
- г) Отсутствие ограничений по ресурсам

3. Что такое жизненный цикл проекта?

- а) Период времени от создания проектной команды до её расформирования
- б) Последовательность фаз (этапов), через которые проходит проект от инициации до завершения
- в) Время от начала разработки концепции до получения первой прибыли
- г) Срок гарантийного обслуживания результатов проекта

4. Кто такие стейкхолдеры проекта?

- а) Только инвесторы и заказчики
- б) Только члены проектной команды
- в) Все заинтересованные стороны (лица, группы или организации), которые могут влиять на проект или зависеть от его результатов
- г) Только руководство организации

5. Что понимается под критериями успеха проекта?

- а) Показатели, по которым оценивается эффективность работы команды
- б) Измеримые параметры, определяющие, достигнут ли цели проекта (сроки, бюджет, качество, удовлетворенность заказчика)
- в) Количество завершённых задач
- г) Размер полученной прибыли

6. Чем проект отличается от операционной деятельности?

- а) Проект имеет бюджет, а операционная деятельность – нет
- б) Проект является временным и уникальным, операционная деятельность – непрерывной и повторяющейся
- в) Проектом управляет руководитель, а операционной деятельностью – менеджер
- г) Проект всегда масштабнее операционной деятельности

7. Что такое устав проекта (project charter)?

- а) Документ, содержащий подробный план работ
- б) Документ, формально разрешающий существование проекта и дающий руководителю полномочия использовать ресурсы

- в) Финансовый отчет по проекту
- г) Список всех стейкхолдеров

8. **Какой стандарт управления проектами разработан Институтом управления проектами (PMI)?**

- а) PRINCE2
- б) ISO 21500
- в) PMBOK (Guide to the Project Management Body of Knowledge)
- г) Agile Manifesto

9. **Что относится к тройственным ограничениям проекта?**

- а) Бюджет, риски, качество
- б) Сроки, бюджет, содержание (объем работ)
- в) Команда, оборудование, материалы
- г) Цели, задачи, результаты

10. **Что такое «содержание проекта» (project scope)?**

- а) Объем финансирования проекта
- б) Совокупность работ, которые необходимо выполнить для достижения целей проекта
- в) Количество участников проекта
- г) Перечень используемых технологий

11. **На каком этапе жизненного цикла проекта происходит утверждение устава и назначение руководителя?**

- а) Планирование
- б) Инициация
- в) Исполнение
- г) Завершение

12. **Что означает термин «веха» (milestone) в управлении проектами?**

- а) Ключевое событие или контрольная точка, отмечающая завершение важного этапа
- б) Общая продолжительность проекта
- в) Название одного из методов планирования
- г) Отчет о ходе работ

13. **Какой документ фиксирует договоренности между заказчиком и исполнителем о целях, сроках, стоимости и результатах проекта?**

- а) Устав проекта
- б) Техническое задание
- в) Бизнес-кейс
- г) План управления коммуникациями

14. **Что такое «бизнес-кейс» проекта?**

- а) Детальный план бюджета проекта
- б) Обоснование экономической целесообразности и выгод от реализации проекта
- в) Отчет о результатах проекта
- г) Список потенциальных рисков

15. **Что из перечисленного является примером успешного проекта?**

- а) Проект, заверченный в срок и в рамках бюджета, с достижением всех целей и удовлетворением заказчика
- б) Проект, заверченный с задержкой, но в рамках бюджета
- в) Проект, превысивший бюджет, но достигший всех целей
- г) Проект, заверченный досрочно, но с невыполненными требованиями

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение проекта. Чем проект отличается от операционной деятельности?
2. Что такое жизненный цикл проекта? Перечислите его основные фазы.

3. Кто такие стейкхолдеры проекта? Приведите примеры.
4. Каковы основные стандарты управления проектами? Назовите их.
5. Что такое устав проекта? Какие элементы он содержит?
6. Как проводится анализ заинтересованных сторон? Для чего нужна матрица стейкхолдеров?
7. Что такое иерархическая структура работ? Приведите пример.
8. Какие сетевые методы планирования вы знаете? Охарактеризуйте метод критического пути.
9. Что такое диаграмма Ганта? Как она используется в управлении проектами?
10. Как оценивается длительность работ и рассчитываются резервы времени?
11. Что такое матрица ответственности? Для чего она нужна?
12. Какие методы оценки стоимости работ существуют? Опишите метод «снизу вверх».
13. Как проводится бюджетирование проекта? Что входит в бюджет?
14. Назовите основные этапы управления рисками проекта. Что такое реестр рисков?
15. Каковы способы реагирования на риски: уклонение, передача, снижение, принятие?
16. Что такое план коммуникаций проекта? Какую информацию он содержит?
17. Какие методы контроля качества используются в проектах? Опишите диаграмму Парето.
18. Что такое анализ освоенного объема? Какие основные метрики используются?
19. Как происходит управление изменениями в проекте?
20. Каковы особенности управления научно-исследовательскими и инновационными проектами в области физики наукоёмких технологий?

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 (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. Управление проектами: учебник / под ред. Н. М. Филимоновой, Н. В. Моргуновой, Н. В. Родионовой. – Москва: ИНФРА-М, 2024. – 349 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-16-018978-9. – ISBN 978-5-16-111784-2 (online). – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=431441>
2. Управление инновациями: учебник. – Москва: ИНФРА-М, 2024. – 331 с. – ISBN 978-5-16-017566-9. – ISBN 978-5-16-110132-2 (online). – DOI 10.12737/1862682. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=435224>

Дополнительная литература:

1. Алесинская, Т. В. Project management: theory and methodology: учебное пособие / Т. В. Алесинская, К. В. Дрокина; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2024. – 115 с. – ISBN 978-5-9275-4638-1. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=453098>

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.