

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»
Вышей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Электроника»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

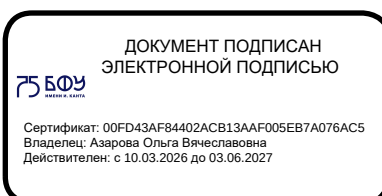
Направленность (профиль) образовательной программы:

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. Наименование дисциплины «Электроника».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Электроника».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области современной электроники, необходимых для разработки, исследования и эксплуатации электронных устройств и систем при решении научно-исследовательских и прикладных задач 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-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 принципы функционирования полупроводниковых приборов и электронных схем, методы математического описания электронных устройств, а также способы организации экспериментальных исследований с применением современной электронной измерительной и вычислительной техники. Уметь: использовать теоретические и экспериментальные методы физики и математики для решения научно-исследовательских задач, связанных с разработкой и применением электронных схем и устройств; прогнозировать возможности использования электронных методов и подходов при решении междисциплинарных задач в области физики наукоёмких технологий. Владеть: навыками организации и проведения экспериментальных исследований с применением электронных измерительных систем, методов схемотехнического моделирования и программирования микропроцессорных устройств для сбора, обработки и анализа данных.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электроника» 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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы электроники	Элементы зонной теории твёрдого тела: энергетические зоны, запрещённая зона, собственные и примесные полупроводники. Квантово-механические основы: уравнение Шрёдингера, туннельный эффект, квантование энергии в микрочастицах. Электронно-дырочный переход, p-n-переход: физические процессы, вольт-амперная характеристика, пробой. Эмиссионные процессы: термоэлектронная, фотоэлектронная, вторичная электронная эмиссия.
2.	Полупроводниковые приборы	Полупроводниковые диоды: выпрямительные, импульсные, стабилитроны, варикапы, туннельные

		диоды. Биполярные транзисторы: принцип действия, режимы работы, схемы включения, характеристики. Полевые транзисторы: с управляющим р-n-переходом, МДП-транзисторы. Тиристоры, симисторы, оптоэлектронные приборы. Современная элементная база электроники.
3.	Аналоговая схемотехника	Усилители на биполярных и полевых транзисторах: принципы построения, классы усиления, обратные связи. Операционные усилители: идеальная модель, схемы включения, частотная коррекция. Активные фильтры. Генераторы синусоидальных и релаксационных колебаний. Стабилизаторы напряжения и тока.
4.	Импульсная и цифровая электроника	Логические элементы. Комбинационные логические схемы: дешифраторы, мультиплексоры, сумматоры. Последовательностные схемы: триггеры, регистры, счётчики. Преобразователи кодов. Основы цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей. Синтез и анализ цифровых устройств.
5.	Электронные измерительные устройства и системы	Принципы построения электронных измерительных приборов. Цифровые вольтметры, частотомеры, осциллографы. Измерение параметров электрических сигналов. Измерительные генераторы. Применение виртуальных приборов и компьютерных измерительных систем. Калибровка и тестирование радиоэлектронных устройств.
6.	Микропроцессорные устройства и встраиваемые системы	Архитектура микроконтроллеров и микропроцессоров. Система команд, память, порты ввода-вывода. Программирование микроконтроллеров на языках высокого и низкого уровня. Интерфейсы передачи данных. Проектирование встраиваемых систем для задач физического эксперимента. Отладка и тестирование микропроцессорных систем.

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 электроники

Вопросы для обсуждения: Энергетические зоны и запрещённая зона в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Туннельный эффект. Электронно-дырочный переход, р-п-переход. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода. Пробой р-п-перехода. Термоэлектронная, фотоэлектронная и вторичная электронная эмиссия.

Тема 2: Полупроводниковые приборы

Вопросы для обсуждения: Полупроводниковые диоды. Биполярные транзисторы. Полевые транзисторы. Тиристоры. Оптоэлектронные приборы.

Тема 3: Аналоговая схемотехника

Вопросы для обсуждения: Усилители на биполярных и полевых транзисторах. Классы усиления. Обратные связи в усилителях. Операционные усилители. Активные фильтры. Генераторы синусоидальных и релаксационных колебаний. Стабилизаторы напряжения и тока.

Тема 4: Импульсная и цифровая электроника

Вопросы для обсуждения: Комбинационные логические схемы. Последовательностные схемы. Преобразователи кодов. Основы цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразователей. Синтез и анализ цифровых устройств.

Тема 5: Электронные измерительные устройства и системы

Вопросы для обсуждения: Принципы построения электронных измерительных приборов. Цифровые вольтметры, частотомеры, осциллографы. Измерение параметров электрических сигналов. Измерительные генераторы.

Тема 6: Микропроцессорные устройства и встраиваемые системы

Вопросы для обсуждения: Архитектура микроконтроллеров и микропроцессоров. Система команд, память, порты ввода-вывода. Программирование микроконтроллеров.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы электроники

Вопросы для обсуждения: Анализ температурной зависимости тока. Оценка ширины запрещённой зоны по экспериментальным данным.

Тема 2: Полупроводниковые приборы

Вопросы для обсуждения: Снятие вольт-амперных характеристик диодов и транзисторов. Определение параметров биполярного транзистора.

Тема 3: Аналоговая схемотехника

Вопросы для обсуждения: Расчёт усилительного каскада на биполярном транзисторе. Моделирование работы операционного усилителя в различных схемах включения. Проектирование активного фильтра.

Тема 4: Импульсная и цифровая электроника

Вопросы для обсуждения: Синтез комбинационной логической схемы по таблице истинности.

Тема 5: Электронные измерительные устройства и системы

Вопросы для обсуждения: Измерение амплитуды и частоты сигнала с помощью осциллографа. Калибровка измерительного канала. Сбор данных с использованием виртуального прибора.

Тема 6: Микропроцессорные устройства и встраиваемые системы

Вопросы для обсуждения: Программирование микроконтроллера для управления светодиодом

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы электроники. Полупроводниковые приборы. Аналоговая схемотехника. Импульсная и цифровая электроника. Электронные измерительные устройства и системы. Микропроцессорные устройства и встраиваемые системы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт вольт-амперных характеристик р-п-перехода и полупроводниковых диодов. Определение параметров биполярных и полевых транзисторов по справочным данным. Расчёт усилительных каскадов на транзисторах. Анализ схем на операционных усилителях.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Зонная структура полупроводников, р-п-переход. Типы диодов, транзисторов, их характеристики и параметры. Принципы усиления и обратной связи. Операционные усилители: идеальная модель, типовые схемы включения. Основы цифровой электроники.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 электроники	ОПК-2	Тестирование
Полупроводниковые приборы	ОПК-2	Тестирование
Аналоговая схемотехника	ОПК-2	Тестирование
Импульсная и цифровая электроника	ОПК-2	Тестирование
Электронные измерительные устройства и системы	ОПК-2	Тестирование
Микропроцессорные устройства и встраиваемые системы	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Физические основы электроники»

1. Что такое собственная проводимость полупроводника?

- а) Проводимость, обусловленная примесными атомами
- б) Проводимость, обусловленная тепловым возбуждением электронов из валентной зоны в зону проводимости
- в) Проводимость, обусловленная только дырками
- г) Проводимость, обусловленная только электронами

2. Какая зона в полупроводнике называется валентной?

- а) Зона, полностью заполненная электронами при 0 К
- б) Зона, частично заполненная электронами
- в) Зона, в которой электроны могут свободно двигаться
- г) Зона, расположенная выше зоны проводимости

3. Что такое донорная примесь в полупроводнике?

- а) Примесь, захватывающая электроны из валентной зоны
- б) Примесь, поставляющая дополнительные электроны в зону проводимости
- в) Примесь, создающая дырки в валентной зоне
- г) Примесь, увеличивающая ширину запрещённой зоны

4. Какой механизм пробоя р-п-перехода связан с лавинным умножением носителей?

- а) Туннельный пробой
- б) Тепловой пробой
- в) Лавинный пробой
- г) Поверхностный пробой

5. Какое уравнение описывает квантовые состояния микрочастиц в физике электроники?

- а) Уравнение Максвелла
- б) Уравнение Шрёдингера
- в) Уравнение Дирака
- г) Уравнение Больцмана

6. Что такое туннельный эффект?

- а) Прохождение частицы через потенциальный барьер, невозможное в классической механике
- б) Излучение фотона при переходе электрона между уровнями
- в) Рассеяние электронов на примесях
- г) Рекомбинация электрона и дырки

7. Как изменяется ширина запрещённой зоны полупроводника с повышением температуры?

- а) Увеличивается
- б) Уменьшается
- в) Не изменяется
- г) Сначала увеличивается, затем уменьшается

8. Что такое термоэлектронная эмиссия?

- а) Испускание электронов под действием света
- б) Испускание электронов нагретым металлом или полупроводником
- в) Испускание электронов под действием электрического поля
- г) Испускание электронов при бомбардировке ионами

9. Какой ток преобладает в р-п-переходе при прямом смещении?

- а) Диффузионный ток основных носителей
- б) Дрейфовый ток неосновных носителей
- в) Ток термогенерации
- г) Ток утечки

10. Что такое уровень Ферми в полупроводнике?

- а) Энергия, соответствующая верхней границе валентной зоны

- б) Энергия, при которой вероятность заполнения электронного состояния равна $1/2$
- в) Энергия ионизации примеси
- г) Энергия, соответствующая дну зоны проводимости

11. Какие носители заряда являются основными в полупроводнике n-типа?

- а) Дырки
- б) Электроны
- в) Ионы примеси
- г) Экситоны

12. Какой физический процесс лежит в основе работы фотодиода?

- а) Термоэлектронная эмиссия
- б) Внутренний фотоэффект
- в) Внешний фотоэффект
- г) Туннельный эффект

13. Что такое вторичная электронная эмиссия?

- а) Испускание электронов под действием света
- б) Испускание электронов при бомбардировке поверхности быстрыми электронами
- в) Испускание электронов нагретым катодом
- г) Испускание электронов под действием сильного электрического поля

14. Что происходит с областью пространственного заряда (обеднённым слоем) p-n-перехода при увеличении обратного напряжения?

- а) Ширина обеднённого слоя увеличивается
- б) Ширина обеднённого слоя уменьшается
- в) Ширина обеднённого слоя не изменяется
- г) Обеднённый слой исчезает

15. Какой параметр полупроводника определяет энергию, необходимую для перехода электрона из валентной зоны в зону проводимости?

- а) Энергия Ферми
- б) Ширина запрещённой зоны
- в) Энергия ионизации примеси
- г) Энергия связи экситона

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Опишите зонную структуру полупроводников: валентная зона, зона проводимости, запрещённая зона. Чем отличаются собственные и примесные полупроводники?
2. Что такое донорная и акцепторная примеси? Как они влияют на тип проводимости полупроводника (n-тип, p-тип)?
3. Опишите физические процессы в p-n-переходе. Как изменяется вольт-амперная характеристика при прямом и обратном смещении?
4. Какие виды пробоя p-n-перехода существуют (лавинный, туннельный, тепловой)? Каковы их физические механизмы?
5. Назовите типы полупроводниковых диодов (выпрямительные, импульсные, стабилитроны, варикапы, туннельные диоды) и их основные применения.
6. Опишите устройство и принцип действия биполярного транзистора. Какие режимы работы и схемы включения существуют?

7. Что такое коэффициент передачи тока биполярного транзистора? Как он связан с параметрами транзистора?
8. Опишите устройство и принцип действия полевых транзисторов (с управляющим р-п-переходом и МДП-транзисторы). В чем их отличие от биполярных?
9. Какие типы логических элементов существуют (ТТЛ, КМОП, ЭСЛ)? В чем их основные различия?
10. Что такое обратная связь в усилителях? Какие виды обратной связи существуют и как они влияют на характеристики усилителя?
11. Опишите идеальную модель операционного усилителя. Какие схемы включения операционного усилителя являются основными?
12. Что такое активные фильтры? Приведите примеры фильтров нижних и верхних частот на операционных усилителях.
13. Опишите принцип работы генераторов синусоидальных и релаксационных колебаний. Приведите схемы.
14. Что такое триггер? Какие типы триггеров существуют (RS, D, JK, T)? Опишите их работу.
15. Опишите устройство и принцип работы цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) и аналого-цифрового преобразователя (АЦП).
16. Какие параметры электрических сигналов измеряются с помощью осциллографа? Как работает цифровой осциллограф?
17. Что такое виртуальные приборы? Приведите примеры использования компьютерных измерительных систем.
18. Опишите архитектуру микроконтроллера. Из каких основных блоков он состоит?
19. Что такое интерфейсы UART, SPI, I2C? В чем их различия и где они применяются?
20. Как осуществляется программирование микроконтроллеров? Опишите основные этапы разработки встраиваемой системы.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

енный	деятельность	нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий		о	
Базовы й	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
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

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

Основная литература:

1. Марченко, А. Л. Электротехника и электроника: учебник для студентов вузов: в 2 т. Т. 1: Электротехника / А. Л. Марченко, Ю. Ф. Опадчий. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 574 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-16-018162-2. – Текст: электронный // Znaniy: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znaniy.ru/catalog/document?id=427977>

Дополнительная литература:

1. Микушин, А. В. Физические основы электроники: учебное пособие для вузов / А. В. Микушин. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 148 с. — ISBN 978-5-507-45544-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/311846#2>

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

Для проведения 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Инженерная и компьютерная графика»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

**Профиль: Физика наукоемких
технологий**

Квалификация (степень) выпускника:

Физик-исследователь

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. Наименование дисциплины *«Инженерная и компьютерная графика»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Инженерная и компьютерная графика».

Цель изучения дисциплины: формирование навыков и знаний, необходимых для визуализации и реализации инженерных проектов. Курс объединяет принципы инженерного черчения и компьютерного проектирования (САПР), чтобы дать возможность создавать корректные и детализированные представления объектов и систем с учетом ГОСТ и ЕСКД.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики, математики и инженерии для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1. 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: принципы технического черчения, включая ортогональную проекцию, изометрические виды и перспективные рисунки; типы линий, размеры и правилами масштабирования; инженерные стандарты и правила (ГОСТ, ЕСКД); Уметь: создавать технические чертежи как вручную, так и с использованием программного обеспечения САПР; создавать чертежи как отдельных деталей, так и сборочных чертежей; Владеть: чертежными инструментами, измерительными приборами и настройками аппаратного и программного обеспечения САПР.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» представляет собой факультативную дисциплину.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.	Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма. Выбор графического элемента в зависимости от постановки задачи. Растровый и векторный объект. 2D и 3D графика. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга. Системы виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей. Контроль версий при проектировании и разработке сложных объектов.
2.	Введение в компьютерную графику. 2D графика.	Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов (например, JPEG, PNG, SVG). Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении. Цветовые схемы RGB и CMYK. Разница между графикой на экране и при печати. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.
3.	Введение в компьютерную графику. 3D графика.	Понятие полигональной и параметрической модели и соответствующие форматы файлов (например, STL, OBJ, STEP) САПР - Системы Автоматизированного Проектирования и 3D редакторы различного назначения. Общее и различия в программном интерфейсе и работе. Адаптация моделей для 3d печати и для работы на ЧПУ- станках. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.
4.	Введение в инженерную графику.	Назначение инженерной графики. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Детализирование чертежа общего вида. Определение количества и содержания изображений на эскизах и чертежах деталей. Конструктивные и технологические элементы деталей.
5.	Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ	Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения. Термины и определения в ГОСТ. Нанесение размеров на чертежах.
6.	Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы,	Изображения – виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305-2008). Основные положения и определения. Виды. Содержание и определение вида. Главный, основные, дополнительные и местные виды, их

	условности и упрощения	определение и расположение на чертеже. Обозначение дополнительных и местных видов на чертеже. Сечения. Определение и содержание сечения. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже. Условности и упрощения, применяемые при изображении видов, разрезов и сечений:
7.	Соединения.	Резьбы, типы резьб, условное обозначение резьб, крепежные детали, соединение сварное, соединение паяное шероховатость (микрогеометрия) поверхностей.
8.	3D-сборка и детализовка узлов.	Этапы создания 3D-сборки. Разница между деталями и сборками в программном обеспечении САПР. Использование параметров и ограничений для гибкого проектирования. Импорт компонентов в проект. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов. Обнаружение коллизий и доработка деталей. Расширенные функции сборки (движение и анимация, кинематика и динамика). Совместная работа и управление версиями.
9.	Правила выполнения электрических схем	Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении электрических компонент. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Специализированное ПО для рисования электрических схем. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний. Стандарт ЕСКД для выполнения электрических схем.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.

Вопросы для обсуждения: Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга. Системы виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей

Тема 2: Введение в компьютерную графику. 2D графика.

Вопросы для обсуждения: Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов. Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи.

Тема 3: Введение в компьютерную графику. 3D графика.

Вопросы для обсуждения: Понятие полигональной и параметрической модели и

соответствующие форматы файлов. Общее и различия в программном интерфейсе и работе.

Тема 4: Введение в инженерную графику.

Вопросы для обсуждения: Назначение инженерной графики. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Конструктивные и технологические элементы деталей.

Тема 5: Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ.

Вопросы для обсуждения: Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения.

Тема 6: Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения.

Вопросы для обсуждения: Изображения – виды, разрезы, сечения. Сечения. Определение и содержание сечения. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже.

Тема 7: Соединения.

Вопросы для обсуждения: Резьбы, типы резьб.

Тема 8: 3D-сборка и детализовка узлов.

Вопросы для обсуждения: Этапы создания 3D-сборки. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов. Обнаружение коллизий и доработка деталей.

Тема 9: Правила выполнения электрических схем.

Вопросы для обсуждения: Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении электрических компонент. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.

Вопросы для обсуждения: Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма. Выбор графического элемента в зависимости от постановки задачи. Растровый и векторный объект. 2D и 3D графика. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга. Системы виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности. Контроль версий при проектировании и разработке сложных объектов.

Тема 2: Введение в компьютерную графику. 2D графика..

Вопросы для обсуждения: Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов (например, JPEG, PNG, SVG). Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении. Цветовые схемы RGB и CMYK. Разница между графикой на экране и при печати. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.

Тема 3: Введение в компьютерную графику. 3D графика.

Вопросы для обсуждения: Понятие полигональной и параметрической модели и соответствующие форматы файлов (например, STL, OBJ, STEP) САПР - Системы Автоматизированного Проектирования и 3D редакторы различного назначения. Общее и различия в программном интерфейсе и работе. Адаптация моделей для 3d печати и для работы на ЧПУ- станках. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.

Тема 4: Введение в инженерную графику.

Вопросы для обсуждения: Назначение инженерной графики. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Детализованность чертежа общего вида. Определение количества и содержания изображений на эскизах и чертежах деталей. Конструктивные

и технологические элементы деталей.

Тема 5: Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ.

Вопросы для обсуждения: Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения. Термины и определения в ГОСТ. Нанесение размеров на чертежах.

Тема 6: Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения.

Вопросы для обсуждения: Изображения – виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305-2008). Основные положения и определения. Виды. Содержание и определение вида. Главный, основные, дополнительные и местные виды, их определение и расположение на чертеже. Обозначение дополнительных и местных видов на чертеже. Сечения. Определение и содержание сечения. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже. Условности и упрощения, применяемые при изображении видов, разрезов и сечений:

Тема 7: Соединения.

Вопросы для обсуждения: Резьбы, типы резьб, условное обозначение резьб, крепежные детали, соединение сварное, соединение паяное шероховатость (микрогеометрия) поверхностей.

Тема 8: 3D-сборка и детализация узлов.

Вопросы для обсуждения: Этапы создания 3D-сборки. Разница между деталями и сборками в программном обеспечении САПР. Использование параметров и ограничений для гибкого проектирования. Импорт компонентов в проект. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов. Обнаружение коллизий и доработка деталей. Расширенные функции сборки (движение и анимация, кинематика и динамика). Совместная работа и управление версиями.

Тема 9: Правила выполнения электрических схем.

Вопросы для обсуждения: Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении электрических компонент. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Специализированное ПО для рисования электрических схем. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний. Стандарт ЕСКД для выполнения электрических схем.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в компьютерную графику. 2D графика. Введение в компьютерную графику. 3D графика. Введение в инженерную графику. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ. Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения. Соединения. 3D-сборка и детализация узлов. Правила выполнения электрических схем.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Введение в компьютерную графику. 2D графика. Введение в компьютерную графику. 3D графика. Введение в инженерную графику. Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ. Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения. Соединения. 3D-сборка и детализация узлов. Правила выполнения электрических схем.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим

темам:

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.	ОПК-1	Опрос, контрольная работа
Введение в компьютерную графику. 2D графика.	ОПК-1	Опрос, контрольная работа

Введение в компьютерную графику. 3D графика.	ОПК-1	Опрос, контрольная работа
Введение в инженерную графику.	ОПК-1	Опрос, контрольная работа
Основные правила оформления чертежей по ЕСКД и ГОСТ	ОПК-1	Опрос, контрольная работа
Изображения – виды, типы проекций объемных тел, разрезы, сечения, выносные элементы, условности и упрощения	ОПК-1	Опрос, контрольная работа
Соединения.	ОПК-1	Опрос, контрольная работа
3D-сборка и детализовка узлов.	ОПК-1	Опрос, контрольная работа
Правила выполнения электрических схем	ОПК-1	Опрос, контрольная работа

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

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Понятия инженерной и компьютерной графики. Исторически сложившиеся правила и переход к новым технологиям проектирования и моделирования.»

1. Для общеупотребимого объекта на выбор сделайте набросок, эскиз и чертеж, на бумаге с помощью карандаша, линейки и циркуля
2. Для общеупотребимого объекта на выбор сделайте набросок, эскиз и чертеж на компьютере с использованием графического ПО

По теме «Введение в компьютерную графику. 2D графика»

1. Создайте схему помещения с сохранением масштаба, в котором проводится работа и сохраните результат в растровом и векторном форматах.
2. После выполнения задания 1, разместите на имеющейся схеме помещения настольный фрезерный станок с ЧПУ 400x600x200mm
3. Создайте набросок кружки в нескольких видах в масштабе на компьютере с использованием графического ПО.

По теме «Введение в компьютерную графику. 3D графика.»

1. В программе 3D-моделирования создайте модель кота из трехмерных геометрических примитивов – куба, сферы, цилиндра, конуса, используя базовые операции над примитивами – перемещение, поворот, скалирование.
2. В программе 3D-моделирования создайте модель кота, используя один геометрических примитивов и операции преобразования формы примитива.
3. В программе 3D-моделирования создайте модель кота, с помощью преобразований над плоским рисунком, такими как выдавливание, булевы операции, получения тела поворотом плоского контура.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Виды графики - набросок, эскиз, чертеж, макет, схема, график, диаграмма.
2. Выбор графического элемента в зависимости от постановки задачи.
3. Растровый и векторный объект. 2D и 3D графика.
4. Понятия моделирования, анимирования и рендеринга.
5. Контроль версий при проектировании и разработке сложных объектов.

6. Растровая и векторная графика и соответствующие форматы файлов (например, JPEG, PNG, SVG). Понятия пиксел, разрешения, системы отсчета и координат на изображении.
7. Цветовые схемы RGB и CMYK. Разница между графикой на экране и при печати.
8. Выбор ПО в зависимости от поставленной задачи.
9. Понятие полигональной и параметрической модели и соответствующие форматы файлов (например, STL, OBJ, STEP)
10. САПР - Системы Автоматизированного Проектирования и 3D редакторы различного назначения.
11. Адаптация моделей для 3d печати и для работы на ЧПУ- станках.
12. Элементы программирования и скриптинга в построении геометрических объектов.
13. Назначение инженерной графики.
14. Понятия эскиз, рабочий чертеж, сборочный чертеж. Детализирование чертежа общего вида.
15. Определение количества и содержания изображений на эскизах и чертежах деталей.
16. Конструктивные и технологические элементы деталей.
17. Форматы, масштабы, линии и чертежные шрифты. Обозначение материалов на чертежах, виды, разрезы, сечения.
18. Термины и определения в ГОСТ. Нанесение размеров на чертежах.
19. Изображения – виды, разрезы, сечения (ГОСТ 2.305-2008). Основные положения и определения.
20. Виды. Содержание и определение вида. Главный, основные, дополнительные и местные виды, их определение и расположение на чертеже.
21. Обозначение дополнительных и местных видов на чертеже. Сечения. Определение и содержание сечения.
22. Сечения – вынесенные и наложенные, их расположение и обозначение на чертеже.
23. Условности и упрощения, применяемые при изображении видов, разрезов и сечений.
24. Резьбы, типы резьб, условное обозначение резьб, крепежные детали, соединение сварное, соединение паяное шероховатость (микрогеометрия) поверхностей.
25. Этапы создания 3D-сборки. Разница между деталями и сборками в программном обеспечении САПР.
26. Использование параметров и ограничений для гибкого проектирования. Импорт компонентов в проект.
27. Использование встроенных и внешних библиотек для общих частей. Сопряженные и ограничивающие компоненты. Использование ограничений для определения отношений компонентов.
28. Обнаружение коллизий и доработка деталей. Расширенные функции сборки (движение и анимация, кинематика и динамика). Совместная работа и управление версиями.
29. Принципиальные схемы, схемы подключения и блок-схемы. Стандарты в отображении электрических компонент.
30. Символы резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, транзисторов и других компонентов. Специализированное ПО для рисования электрических схем.
31. Правильная маркировка компонентов, цепей и добавление примечаний. Стандарт ЕСКД для выполнения электрических схем.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы	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. Зеленый П. В. Инженерная графика. Практикум [Электронный учебник]: учебное пособие / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова; под ред. П. В. Зеленого. - ИНФРА-МНовое знание, 2012. - 1 on-line, 303 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/240288>
2. Колесниченко Н. М. Инженерная и компьютерная графика [Электронный учебник]: учебное пособие / Н. М. Колесниченко, Н. Н. Черняева. - Инфра-Инженерия, 2021. - 1 on-line, 236 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?pid=1833114>
3. Максименко Л. А. Выполнение планов зданий в среде AutoCAD [Электронный учебник]: учебное пособие / Л. А. Максименко, Г. М. Утина. - НГТУ, 2012. - 1 on-line, 78 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?pid=546014>
4. Учаев П. Н. Инженерная графика [Электронный учебник]: учебник / П. Н. Учаев, А. Г. Локтионов, К. П. Учаева; ред. П. Н. Учаев. - Инфра-Инженерия, 2021. - 1 on-line, 304 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1833112>
5. Чекмарев А. А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение [Электронный учебник]: учебник / А. А. Чекмарев. - ИНФРА-М, 2021. - 1 on-line, 396 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1455685>

Дополнительная литература

1. Колесниченко Н. М. Инженерная и компьютерная графика [Электронный учебник]: учебное пособие / Н. М. Колесниченко, Н. Н. Черняева. - Инфра-Инженерия, 2021. - 1 online, 236 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/document?pid=1833114>

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение;
- специализированное ПО: КОМПАС-3D, Blender, MS PAINT, Inkscape, Gimp, Free CAD.

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

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

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

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

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

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

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

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы научных исследований»

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. Наименование дисциплины «*Основы научных исследований*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Основы научных исследований».

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области методологии, организации и проведения научных исследований, включая планирование эксперимента, обработку и интерпретацию данных, а также оформление и представление результатов, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики и 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
УК-1. Способен к формированию и изменению собственных жизненно-образовательных маршрутов в профессиональных сообществах с учётом приоритетов собственной деятельности и национального развития	УК-1.1. Умеет анализировать проблемные ситуации, используя системный подход. УК-1.2. Использует способы разработки стратегии действий по достижению цели на основе анализа проблемной ситуации. УК-1.3. Демонстрирует знание этапов жизненного цикла проекта, методов и инструментов управления проектом на каждом из этапов. УК-1.4. Использует методы и инструменты управления проектом для решения профессиональных задач. УК-1.5. Демонстрирует знание методов формирования команды и управления командной работой. УК-1.6. Разрабатывает и реализует командную стратегию в групповой деятельности для	Знать: этапы жизненного цикла проекта, методы и инструменты управления проектом, включая планирование, организацию, контроль и завершение работ, принципы системного подхода к анализу проблемных ситуаций, методы формирования команды и управления командной работой, а также способы разработки стратегий действий для достижения целей научного исследования. Уметь: анализировать проблемные ситуации в научно-исследовательской деятельности с использованием системного подхода, разрабатывать стратегии действий по достижению поставленных целей на основе анализа проблемной ситуации, применять методы и инструменты управления проектом для решения профессиональных задач, формировать команду и управлять её работой для эффективного выполнения групповых проектов, разрабатывать и реализовывать командную стратегию для достижения целей. Владеть: навыками системного анализа проблемных ситуаций, методами проектного управления, включая планирование, ресурсное обеспечение и контроль, приёмами командной работы и распределения ролей, способами разработки и корректировки

	достижения поставленной цели.	личных образовательных траекторий в профессиональных сообществах с учётом приоритетов собственной деятельности и национального развития.
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 и методологию организации научных исследований, включая теоретические и экспериментальные методы, принципы планирования эксперимента, методы математической обработки и статистического анализа данных, а также современные подходы к проведению междисциплинарных исследований в области физики и наукоёмких технологий. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы физики и математики для решения научно-исследовательских задач, организовывать и проводить экспериментальные исследования с использованием современных методик и оборудования, обрабатывать и интерпретировать полученные данные, прогнозировать использование физико-математических подходов для решения междисциплинарных задач, связанных с материаловедением, биомедициной, нанотехнологиями и другими областями. Владеть: навыками самостоятельного планирования и проведения научных исследований, методами статистической обработки и визуализации экспериментальных данных, приёмами анализа и интерпретации результатов с привлечением физико-математического аппарата, способами интеграции знаний из различных областей для решения комплексных междисциплинарных задач, а также компетенциями в области оформления и представления научных

		результатов в виде публикаций и докладов.
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: теоретические основы проектной деятельности, этапы жизненного цикла научного проекта, методы управления проектами, а также подходы к прогнозированию результатов реализации проектов с учётом инновационных технологических и социально-экономических показателей. Уметь: применять знания теории проектной деятельности для создания и реализации научных проектов в области физики и наукоёмких технологий, разрабатывать структуру и план проекта, оценивать необходимые ресурсы и сроки, прогнозировать возможные результаты с учётом достижения инновационных технологических и социально-экономических показателей, адаптировать проект при изменении условий. Владеть: навыками инициирования и управления научными проектами, методами постановки целей и задач, распределения ресурсов, контроля выполнения работ, оценки рисков и корректировки планов, а также способами прогнозирования результатов и подготовки проектной документации в соответствии с требованиями научно-исследовательской деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Основы научных исследований*» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Наука и научное исследование	Предмет и задачи дисциплины. Понятие науки, её структура и функции. Классификация наук. Научное исследование как форма существования и развития науки. Виды научных исследований: фундаментальные, прикладные и поисковые. Основные этапы и стадии научно-исследовательской работы. Роль науки в современных наукоемких технологиях .
2	Методология и методы научных исследований	Методологические основы научного познания. Эмпирические и теоретические методы исследования. Системный подход в научных исследованиях. Понятие метода, методики и методологии. Логические законы и приемы в процессе познания. Разработка рабочей гипотезы. Выбор и обоснование темы исследования, постановка проблемы и целей .
3	Поиск, накопление и обработка научной информации	Информационное обеспечение научных исследований. Работа с научной литературой: поиск, анализ, систематизация. Библиографические базы данных и информационные системы. Научные документы и издания, их

		классификация. Реферирование, аннотирование и рецензирование. Организация работы с литературными источниками.
4	Планирование и проведение экспериментальных исследований	Классификация экспериментов. Метрологическое обеспечение эксперимента. Средства и методы экспериментальных исследований. Принципы планирования эксперимента. Обработка и анализ экспериментальных данных. Методы оценки погрешностей измерений. Графическая обработка результатов.
5	Математическая обработка и интерпретация данных	Методы математической статистики в научных исследованиях. Описательная статистика: среднее, дисперсия, медиана. Корреляционный и регрессионный анализ. Проверка статистических гипотез. Использование программных средств для обработки данных.
6	Оформление, представление и защита результатов научных исследований	Структура и содержание научных работ. Требования к оформлению текста, таблиц, графиков и библиографических ссылок (ГОСТ). Подготовка и презентация доклада на научной конференции. Особенности устного представления информации. Основы изобретательского творчества и патентования. Оформление результатов исследования в виде научной публикации

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. Наука и научное исследование

Вопросы для обсуждения: Понятие науки, её структура и функции. Классификация наук. Виды научных исследований. Основные этапы научно-исследовательской работы. Роль науки в наукоёмких технологиях.

Тема 2: Методология и методы научных исследований

Вопросы для обсуждения: Методологические основы научного познания. Эмпирические и теоретические методы. Системный подход. Логические законы и приёмы. Выбор и обоснование темы, постановка проблемы и целей.

Тема 3: Поиск, накопление и обработка научной информации

Вопросы для обсуждения: Информационное обеспечение исследований. Работа с научной литературой. Библиографические базы данных. Научные документы и издания. Реферирование, аннотирование, рецензирование.

Тема 4: Планирование и проведение экспериментальных исследований

Вопросы для обсуждения: Классификация экспериментов. Метрологическое обеспечение эксперимента. Принципы планирования эксперимента. Обработка и анализ экспериментальных данных. Оценка погрешностей.

Тема 5: Математическая обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Методы математической статистики. Описательная статистика. Корреляционный и регрессионный анализ. Проверка статистических гипотез. Программные средства для обработки данных.

Тема 6: Оформление, представление и защита результатов научных исследований

Вопросы для обсуждения: Структура научных работ. Требования к оформлению по ГОСТ. Подготовка доклада и презентации. Основы патентования. Оформление результатов в виде публикации.

Рекомендуемая тематика практических занятий (наиболее важные дидактические единицы – навыки и расчётные задачи):

Тема 1: Введение. Наука и научное исследование

Вопросы для обсуждения: Классификация исследований по целям и методам. Определение этапов работы.

Тема 2: Методология и методы научных исследований

Вопросы для обсуждения: Разработка гипотезы. Обоснование темы. Постановка целей и задач.

Тема 3: Поиск, накопление и обработка научной информации

Вопросы для обсуждения: Поиск и систематизация литературы. Оформление библиографии.

Тема 4: Планирование и проведение экспериментальных исследований

Вопросы для обсуждения: Разработка плана эксперимента. Оценка погрешностей.

Тема 5: Математическая обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Применение методов статистики. Использование программных средств.

Тема 6: Оформление, представление и защита результатов научных исследований

Вопросы для обсуждения: Написание статьи. Подготовка презентации.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: методология науки, классификация методов, организация эксперимента, статистическая обработка данных, оформление результатов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: разработка плана исследования, обработка данных с использованием статистических методов, подготовка аннотации и реферата, оформление библиографического списка.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: этапы научного исследования, методы сбора и обработки информации, принципы планирования эксперимента, способы представления результатов.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Наука и научное исследование	УК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тестирование
Методология и методы научных исследований	УК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тестирование
Поиск, накопление и обработка научной информации	УК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тестирование
Планирование и проведение экспериментальных исследований	УК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тестирование
Математическая обработка и интерпретация данных	УК-1, ОПК-2, ОПК-4	Тестирование
Оформление, представление и защита результатов научных исследований	УК-1, ОПК-2, 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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Наука и научное исследование»

1. Что является основной функцией науки как социального института?

- А) создание произведений искусства
- Б) производство объективных знаний о мире и их практическое применение
- В) управление государством
- Г) организация досуга населения

2. К какому виду исследований относятся работы, направленные на получение новых фундаментальных знаний о законах природы?

- А) прикладные исследования
- Б) фундаментальные исследования
- В) поисковые исследования
- Г) технологические разработки

3. Какой этап научного исследования предполагает изучение уже известных фактов и теорий по теме работы?

- А) постановка проблемы
- Б) сбор и анализ предварительной информации (литературный обзор)
- В) выдвижение гипотезы
- Г) проведение эксперимента

4. Что такое гипотеза в научном исследовании?

- А) доказанное утверждение
- Б) научно обоснованное предположение, требующее проверки

В) окончательный вывод работы

Г) название научной статьи

5. Какая классификация наук выделяет естественные, социальные и гуманитарные науки?

А) по объекту исследования

Б) по степени формализации

В) по целям

Г) по методам

6. Какова основная цель прикладных научных исследований?

А) разработка новых технологий, материалов и устройств на основе фундаментальных знаний

Б) изучение общих законов природы

В) создание философских концепций

Г) описание исторических событий

7. Какой из перечисленных элементов не является обязательным в структуре научной работы?

А) введение

Б) основная часть

В) художественное описание

Г) заключение

8. Что такое объект научного исследования?

А) совокупность свойств и отношений, которые исследуются в работе

Б) область реальности, на которую направлен исследовательский процесс

В) метод, используемый в работе

Г) конечный результат

9. Какое из утверждений о научном исследовании является верным?

А) оно не требует систематического подхода

Б) оно должно быть объективным, систематическим и воспроизводимым

В) оно не предполагает использования специальных методов

Г) оно не связано с ранее полученными знаниями

10. Что такое метод научного исследования?

А) способ получения и проверки знаний в науке

Б) результат исследования

В) объект исследования

Г) гипотеза

11. Какой из методов относится к эмпирическим?

А) анализ

Б) синтез

В) наблюдение

Г) моделирование

12. Какова роль науки в наукоёмких технологиях?

А) наука не связана с технологиями

Б) наука создаёт фундаментальную основу для разработки новых технологий и инноваций

В) наука только описывает существующие технологии

Г) наука занимается только теоретическими вопросами

13. Что включает в себя понятие «научная проблема»?

А) ответ на уже решённый вопрос

Б) осознание противоречия между имеющимся знанием и новыми фактами, требующего разрешения

В) описание эксперимента

Г) название диссертации

14. Какое требование предъявляется к формулировке темы научного исследования?

- А) тема должна быть максимально широкой
- Б) тема должна быть актуальной, конкретной и отражать суть работы
- В) тема не должна иметь практического значения
- Г) тема должна быть известна всем

15. Какой результат научного исследования может считаться новым научным знанием?

- А) впервые установленные закономерности или обнаруженные факты, подтверждённые экспериментально
- Б) перевод известной работы на другой язык
- В) повторение известного эксперимента без изменений
- Г) описание чужого исследования

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение науки. Каковы её основные функции и структура?
2. Что такое научное исследование? Какие виды научных исследований (фундаментальные, прикладные, поисковые) существуют и чем они отличаются?
3. Опишите основные этапы и стадии научно-исследовательской работы.
4. Что такое методология научного познания? В чём отличие метода от методики?
5. Какие эмпирические и теоретические методы используются в научных исследованиях? Приведите примеры.
6. Как осуществляется выбор и обоснование темы научного исследования? Каковы критерии её актуальности?
7. Что такое научная гипотеза и каковы требования к её формулировке?
8. Как организовать информационный поиск по теме исследования? Какие библиографические базы данных и информационные системы используются?
9. Какие виды научных документов и изданий существуют? Что такое реферирование, аннотирование и рецензирование?
10. Как классифицируются эксперименты? В чём отличие лабораторного эксперимента от натурного?
11. Каковы основные принципы планирования эксперимента? Что такое метрологическое обеспечение эксперимента?
12. Как оцениваются погрешности измерений? Какие виды погрешностей существуют?
13. Какие методы математической статистики применяются для обработки экспериментальных данных (среднее, дисперсия, корреляционный анализ)?
14. Как проводится проверка статистических гипотез и что такое уровень значимости?
15. Какие программные средства используются для обработки данных и для каких задач они применяются?
16. Какова структура научной статьи? Какие требования предъявляются к её оформлению по ГОСТ?
17. Каковы требования к оформлению таблиц, графиков и библиографических ссылок в научных работах?
18. Как подготовить устный доклад и презентацию для научной конференции?
19. Что такое объект и предмет исследования? Приведите примеры.
20. Каковы основы изобретательского творчества и патентования? Как оформляются результаты исследования в виде патента?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательн	Основные признаки	Пятибалл	Двухб	БРС, %

	ое описание уровня	выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	ьная шкала (академи ческая) оценка	алльн ая шкал а, зачет	освоени я (рейтин говая оценка)
Повыш енный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтен о	86-100
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого	удовлетв орительн о		55-70

очный)		материала			
Недостаточный	Отсутствие	признаков	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55
	удовлетворительного уровня			о	

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

Основная литература

1. Леонович, А. А. Основы научных исследований: учебник для вузов / А. А. Леонович, А. В. Шелоумов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 124 с. — ISBN 978-5-507-47795-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/419114#120>

Дополнительная литература

1. Басовский, Л. Е. Основы научных исследований: учебник / Л. Е. Басовский. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 257 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-16-019525-4. — Текст: электронный // Знаниум : электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=478286>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Промышленная безопасность и охрана труда на производстве двигателей
космических аппаратов»**

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. Наименование дисциплины *«Промышленная безопасность и охрана труда на производстве двигателей космических аппаратов»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Промышленная безопасность и охрана труда на производстве двигателей космических аппаратов».*

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области нормативно-правовых, организационных и технических основ промышленной безопасности и охраны труда при производстве и испытаниях двигателей космических аппаратов, необходимых для обеспечения безопасности персонала, предотвращения аварийных ситуаций и снижения профессиональных рисков в условиях высокотехнологичных предприятий ракетно-космической отрасли.

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 физико-математические основы и методы анализа опасных и вредных производственных факторов, принципы оценки рисков и прогнозирования последствий аварийных ситуаций на производстве и испытаниях ракетных двигателей, а также нормативно-правовые требования промышленной безопасности и охраны труда. Уметь: проводить анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики применительно к задачам обеспечения безопасности технологических процессов, участвовать в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях в области промышленной безопасности и охраны труда, описывать результаты с использованием подходов из различных областей науки и сфер профессиональной деятельности. Владеть: навыками комплексного анализа производственных рисков, методами прогнозирования аварийных ситуаций и оценки их последствий, способами применения физико-математического аппарата для

		моделирования опасных процессов, а также компетенциями междисциплинарного подхода к решению задач промышленной безопасности и охраны труда в высокотехнологичных индустриях.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве двигателей космических аппаратов» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Нормативно-правовые основы промышленной безопасности и охраны труда в ракетно-космической отрасли	Предмет, задачи и место дисциплины в подготовке физика-исследователя. Система государственного регулирования в области промышленной безопасности. Обзор нормативных правовых актов. Правовые аспекты работы во вредных и опасных условиях. Ответственность за нарушение требований

		промышленной безопасности.
2	Организация охраны труда на предприятиях ракетно-космической отрасли	Система управления охраной труда (СУОТ). Идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков. Разработка инструкций по охране труда для работников, занятых производством и испытаниями ракетных двигателей. Организация предварительных и периодических медицинских осмотров. Проведение обучения и проверки знаний требований охраны труда.
3	Опасные и вредные производственные факторы при производстве и испытаниях ракетных двигателей	Классификация вредных и опасных производственных факторов. Компоненты ракетных топлив (КРТ) в жидкой и газообразной фазе. Производственный шум, сварочный аэрозоль, аммиак, древесная пыль, электромагнитные излучения. Специфика работы с высокотоксичными компонентами (НДМГ, АТ). Медико-санитарное сопровождение работ на испытательных станциях ЖРД .
4	Безопасность при испытаниях жидкостных ракетных двигателей	Организация безопасного проведения наземных огневых испытаний. Системы диагностики технического состояния двигателя и каналы аварийной защиты испытаний. Имитация полетных условий эксплуатации и обеспечение безопасности. Роль модельных исследований, автономных испытаний агрегатов и систем. Этапы отработки двигателей. Системы диагностики и аварийной защиты испытаний водородных двигателей.
5	Технические средства обеспечения промышленной безопасности	Системы газоанализа и контроля концентрации вредных веществ. Системы пожаротушения и взрывозащиты. Средства коллективной и индивидуальной защиты. Конструктивные решения по обеспечению безопасности при работе с криогенными и токсичными компонентами. Применение эффективных систем диагностики и аварийной защиты испытаний. Обеспечение надежности оборудования и проведение технических осмотров .
6	Управление рисками и профилактика	Методы оценки и управления

	профессиональных заболеваний	профессиональными рисками. Профилактика острых и хронических профессиональных отравлений и заболеваний. Организация медицинского сопровождения и контроль за состоянием здоровья работающих. Снижение общей и профессиональной заболеваемости как показатель качества медицинской помощи. Действия в аварийных ситуациях, оказание первой помощи пострадавшим.

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. Нормативно-правовые основы промышленной безопасности и охраны труда в ракетно-космической отрасли

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Система государственного регулирования в области промышленной безопасности. Обзор нормативных правовых актов. Отраслевое соглашение по организациям ракетно-космической промышленности.

Тема 2: Организация охраны труда на предприятиях ракетно-космической отрасли

Вопросы для обсуждения: Система управления охраной труда (СУОТ). Идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков. Разработка инструкций по охране труда. Организация медицинских осмотров. Проведение обучения и проверки знаний требований охраны труда.

Тема 3: Опасные и вредные производственные факторы при производстве и испытаниях ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Классификация вредных и опасных производственных факторов. Токсичность компонентов ракетных топлив. Производственный шум, сварочный аэрозоль, аммиак, древесная пыль, электромагнитные излучения. Медико-санитарное сопровождение работ.

Тема 4: Безопасность при испытаниях жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Организация безопасного проведения наземных огневых испытаний. Системы диагностики технического состояния двигателя. Имитация полетных условий эксплуатации. Этапы отработки двигателей. Системы диагностики и аварийной защиты испытаний водородных двигателей.

Тема 5: Технические средства обеспечения промышленной безопасности

Вопросы для обсуждения: Системы газоанализа и контроля концентрации вредных веществ. Системы пожаротушения и взрывозащиты. Средства коллективной и индивидуальной защиты. Конструктивные решения по обеспечению безопасности при работе с криогенными и токсичными компонентами.

Тема 6: Управление рисками и профилактика профессиональных заболеваний

Вопросы для обсуждения: Методы оценки и управления профессиональными

рисками. Профилактика острых и хронических профессиональных отравлений. Организация медицинского сопровождения. Действия в аварийных ситуациях, оказание первой помощи.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Нормативно-правовые основы промышленной безопасности и охраны труда в ракетно-космической отрасли

Вопросы для обсуждения: Анализ нормативных документов. Оценка соответствия отраслевым требованиям.

Тема 2: Организация охраны труда на предприятиях ракетно-космической отрасли

Вопросы для обсуждения: Разработка инструкций по охране труда. Оценка профессиональных рисков.

Тема 3: Опасные и вредные производственные факторы при производстве и испытаниях ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентраций токсичных веществ. Оценка уровня шума. Моделирование воздействия факторов.

Тема 4: Безопасность при испытаниях жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Анализ систем диагностики. Моделирование аварийных ситуаций. Оценка эффективности защиты.

Тема 5: Технические средства обеспечения промышленной безопасности

Вопросы для обсуждения: Выбор систем газоанализа и пожаротушения. Расчёт параметров средств защиты.

Тема 6: Управление рисками и профилактика профессиональных заболеваний

Вопросы для обсуждения: Разработка планов профилактики. Моделирование действий при авариях. Оценка эффективности медицинского сопровождения.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: нормативно-правовые основы, организация охраны труда, опасные и вредные факторы, безопасность испытаний, технические средства защиты, управление рисками и профилактика.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт концентраций вредных веществ, оценка профессиональных рисков, моделирование аварийных ситуаций, разработка инструкций по охране труда.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: система государственного регулирования в области промышленной безопасности, классификация опасных факторов, методы оценки рисков, технические средства защиты, профилактика профессиональных заболеваний.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой

образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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	Индекс контроли-	Оценочные средства по

(темы) дисциплины	руемой компетенции (или ее части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Нормативно-правовые основы промышленной безопасности и охраны труда в ракетно-космической отрасли	ОПК-3	Тестирование
Организация охраны труда на предприятиях ракетно-космической отрасли	ОПК-3	Тестирование
Опасные и вредные производственные факторы при производстве и испытаниях ракетных двигателей	ОПК-3	Тестирование
Безопасность при испытаниях жидкостных ракетных двигателей	ОПК-3	Тестирование
Технические средства обеспечения промышленной безопасности	ОПК-3	Тестирование
Управление рисками и профилактика профессиональных заболеваний	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Нормативно-правовые основы промышленной безопасности и охраны труда в ракетно-космической отрасли»

1. Какой нормативный документ устанавливает общие требования по экологической безопасности для космических систем и комплексов?

- А) Трудовой кодекс РФ
- Б) СанПиН 2.1.4.1074-01
- В) ГОСТ Р 55978-2014
- Г) СНиП 2.01.01-82

2. Какая организация является участником Отраслевого соглашения по организациям ракетно-космической промышленности РФ?

- А) Министерство труда и социальной защиты
- Б) Государственная корпорация «Роскосмос»
- В) Российская академия наук
- Г) Федеральная служба по экологическому надзору

3. На какой период заключено действующее Отраслевое соглашение по организациям ракетно-космической промышленности?

- А) 2023–2025 годы
- Б) 2024–2026 годы

В) 2025–2027 годы

Г) 2026–2028 годы

4. Какие стороны выступают сторонами Отраслевого соглашения?

А) Работодатели и государство

Б) Работники и профсоюзы

В) Работники в лице профсоюза и работодатели в лице отраслевого объединения

Г) Государство и Роскосмос

5. В каких зонах допускается размещение вновь разрабатываемых космических систем и комплексов согласно ГОСТ Р 55978-2014?

А) Только в зонах экологического бедствия

Б) В зонах экологической нормы или, как исключение, в зонах нарушенного состояния с последующей реабилитацией

В) В любых зонах без ограничений

Г) Только в зонах, не имеющих растительного покрова

6. Какое требование предъявляется к космическим системам и комплексам в процессе эксплуатации?

А) Они могут ухудшать экологическое состояние района размещения при необходимости

Б) Они не должны ухудшать степень экологического благополучия района размещения

В) Они должны улучшать экологическое состояние района

Г) Экологические требования не предъявляются

7. Каким документом регулируются социально-трудовые отношения в организациях ракетно-космической промышленности?

А) Федеральным законом «О космической деятельности»

Б) Отраслевым соглашением на федеральном уровне социального партнёрства

В) Указом Президента РФ

Г) Постановлением Правительства РФ

8. Какой документ является основой для переговоров в организациях при заключении коллективных договоров?

А) Устав организации

Б) Трудовой кодекс РФ

В) Отраслевое соглашение

Г) Кодекс корпоративной этики

9. Какие мероприятия должны проводиться при размещении космической системы в зоне нарушенного состояния окружающей среды?

А) Строительство дополнительных очистных сооружений

Б) Экологическая реабилитация района размещения

В) Выплата компенсаций населению

Г) Запрет на любую деятельность в районе

10. Кто подписывает Отраслевое соглашение по организациям ракетно-космической промышленности?

А) Президент РФ

Б) Генеральный директор Роскосмоса, председатель профсоюза и президент Союза работодателей

В) Министр промышленности и торговли

Г) Председатель Правительства РФ

11. Какой раздел предусмотрен в отраслевом соглашении для поддержки молодых специалистов?

А) «Молодёжная политика»

Б) «Работа с молодёжью»

В) «Кадровый резерв»

Г) «Профессиональная ориентация»

12. Что из перечисленного входит в сферу регулирования Отраслевого соглашения?

- А) Только оплата труда
- Б) Оплата труда, условия и охрана труда, режимы труда и отдыха, занятость, социальные гарантии
- В) Только вопросы занятости
- Г) Только социальные гарантии

13. Какое условие коллективного или трудового договора считается недействительным?

- А) Условие, не соответствующее корпоративным нормам
- Б) Условие, ухудшающее положение работника по сравнению с законодательством и отраслевым соглашением
- В) Условие, не согласованное с профсоюзом
- Г) Условие, предусматривающее дополнительный отпуск

14. Какое из требований по экологической безопасности предъявляется при разработке технического задания на создание космической системы?

- А) Учёт фоновое состояние окружающей среды в районе размещения
- Б) Отказ от экологических требований для упрощения конструкции
- В) Размещение только в промышленных зонах
- Г) Использование только традиционных материалов

15. Какие вопросы регулирует Отраслевое соглашение в части охраны труда?

- А) Только выдачу средств индивидуальной защиты
- Б) Условия и охрану труда, обучение безопасным методам работы, организацию медицинских осмотров
- В) Только проведение инструктажей
- Г) Только расследование несчастных случаев

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение промышленной безопасности и охраны труда в ракетно-космической отрасли. Каковы их основные цели и задачи?
2. Какие нормативные правовые акты регулируют вопросы промышленной безопасности и охраны труда в РФ?
3. Что такое Отраслевое соглашение по организациям ракетно-космической промышленности, и на какой срок оно заключается?
4. Какие вопросы регулируются Отраслевым соглашением (оплата труда, охрана труда, режимы труда и отдыха, социальные гарантии)?
5. Что такое система управления охраной труда (СУОТ) и какие основные элементы она включает?
6. Как осуществляется идентификация опасностей и оценка профессиональных рисков на предприятиях ракетно-космической отрасли?
7. Какие виды инструктажей по охране труда проводятся с работниками, и какова их периодичность?
8. Как организуются предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры?
9. Какие опасные и вредные производственные факторы характерны для производства и испытаний ракетных двигателей?
10. Каковы особенности токсического воздействия компонентов ракетных топлив (НДМГ, АТ) на организм человека?
11. Какие предельно допустимые концентрации (ПДК) установлены для основных токсичных компонентов ракетных топлив?
12. Какие системы диагностики технического состояния используются для обеспечения безопасности при испытаниях жидкостных ракетных двигателей?

13. Какие этапы испытаний проводятся при отработке жидкостных ракетных двигателей, и каковы их особенности с точки зрения безопасности?
14. Какие системы аварийной защиты применяются при огневых испытаниях, и как они функционируют?
15. Какие системы газоанализа используются для контроля концентрации вредных веществ в рабочей зоне?
16. Какие средства коллективной и индивидуальной защиты применяются при работе с токсичными и криогенными компонентами?
17. Какие конструктивные решения используются для обеспечения безопасности при работе с жидким кислородом и другими криогенными продуктами?
18. Как осуществляется управление профессиональными рисками и профилактика профессиональных заболеваний?
19. Каковы действия персонала в аварийных ситуациях, связанных с разливом токсичных компонентов топлива?
20. Как оценивается эффективность системы управления охраной труда на предприятии (показатели травматизма, профессиональной заболеваемости)?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Лонский, О. В. Промышленная безопасность: практикум / О. В. Лонский. — Пермь: ПНИПУ, 2015. — 147 с. — ISBN 978-5-398-01382-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160496>

Дополнительная литература:

1. Фатина, А. А. Работа с опасными веществами и компонентами ракетного топлива: практическое пособие / А. А. Фатина, В. Н. Лебедев, А. П. Киселёв, Д. С. Маслобоев. — Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д. Ф. Устинова, 2017. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/121864#2>

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

Для проведения 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**«Техническая экология производства и испытаний двигателей космических
аппаратов»**

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. Наименование дисциплины *«Техническая экология производства и испытаний двигателей космических аппаратов»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Техническая экология производства и испытаний двигателей космических аппаратов».*

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области экологических принципов производства, испытаний и утилизации двигателей космических аппаратов, включая методы снижения токсичности, системы очистки выбросов и управление отходами, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач в области экологически безопасных технологий ракетно-космической отрасли.

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 свойства компонентов ракетных топлив и материалов двигательных установок, взаимосвязи между их микроскопическими характеристиками и макроскопическим поведением в условиях производства, испытаний и утилизации, а также принципы и концепции из смежных дисциплин, необходимые для комплексного анализа экологических аспектов ракетно-космической отрасли. Уметь: выявлять взаимосвязи между физико-химическими свойствами материалов и их экологическим воздействием на всех этапах жизненного цикла двигателей, применять принципы из смежных научных областей для объяснения механизмов образования загрязнений и проектирования систем очистки, интегрировать информацию из различных предметных областей для предложения инновационных подходов к созданию экологически безопасных технологий в двигателестроении. Владеть: методами междисциплинарного анализа экологических рисков, навыками синтеза информации из физики, химии, экологии и материаловедения для разработки

		комплексных решений по снижению техногенного воздействия, приёмами интеграции знаний для обоснования выбора «зелёных» топлив и технологических процессов, а также способами прогнозирования экологических последствий при проектировании и эксплуатации ракетных двигателей.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина *«Техническая экология производства и испытаний двигателей космических аппаратов»* представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Экологические принципы в ракетно-космической отрасли	Предмет и задачи дисциплины. Роль экологической безопасности в наукоемких индустриях. Экодизайн и принципы «чистого производства» при создании новой промышленной

		продукции. Этапы жизненного цикла ракетного двигателя и их удельное негативное воздействие на окружающую природную среду. Нормативно-правовая база экологической безопасности в ракетно-космической отрасли.
2	Производство ракетных двигателей и экологические аспекты	Экологическая эффективность технологических процессов при производстве наукоемких технических устройств. Применяемые материалы: высокомолекулярные пластики, взрывчатые вещества, металлы и сплавы высокой степени чистоты, токсичные химические соединения. Управление отходами производства корпусов двигателей из полимерных композиционных материалов. Технологии минимизации загрязнений на производственных этапах.
3	Токсичные компоненты ракетных топлив и их воздействие	Классификация компонентов ракетных топлив по степени опасности. Токсичные производные гидразина и их воздействие на персонал и окружающую среду. Углеводородное горючее (керосин) как слабо опасное вещество 4-й группы. Проливы компонентов ракетного топлива: локализация и устранение. Специфика работы с жидким кислородом и криогенными компонентами.
4	Экологическая безопасность при огневых испытаниях ЖРД	Особенности стендовых огневых испытаний мощных ЖРД большой мощности и их воздействие на окружающую среду. Выбросы продуктов сгорания (температура выброса 2,4 т/с, до 340 т за испытание). Аэродинамический шум двигателя (180...200 дБА) и методы его подавления. Световое излучение от факела двигателя. Системы газоочистки и шумоглушения на стендах закрытого типа. Газодинамический тракт и дожигатели выхлопных газов.
5	Системы очистки и рассеивания выбросов	Дожигание выхлопных газов для снижения концентрации окиси углерода (с 32 до 2...3 объемных %). Гидрогашение кинетической и

		тепловой энергии истекающих продуктов сгорания. Подавление образования окислов азота. Рассеивание в атмосфере остаточных концентраций загрязняющих веществ до нормативных уровней. Проблема образования сажи и полициклических ароматических углеводородов (3,4-бензпирена).
6	Утилизация и ликвидация ракетных двигателей	Подходы к обращению с отходами, образующимися при ликвидации и утилизации ракетных двигателей на твердом топливе. Схема комплексной утилизации морально и физически устаревших изделий. Принципы минимизации воздействия загрязнений на персонал и окружающую среду при утилизации. Вторичное использование материалов и компонентов.
7	Современные экологичные технологии в двигателестроении	Разработка «зеленых» ракетных двигателей на экологически безопасных компонентах топлива (нафтил, сжиженный природный газ, метан, водород). Испытания двигателей малой тяги на паре «кислород + нафтил» с возможностью включения до 1000 раз. Применение аддитивных технологий (3D-печать металлом) для изготовления камер сгорания с миниатюрными каналами охлаждения. Опыт создания макета-демонстратора двигательной установки для многоразовых ракет-носителей

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. Экологические принципы в ракетно-космической отрасли

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Этапы жизненного цикла ракетного двигателя. Нормативно-правовая база экологической безопасности.

Тема 2: Производство ракетных двигателей и экологические аспекты

Вопросы для обсуждения: Экологическая эффективность технологических процессов.

Применяемые материалы и их воздействие. Управление отходами производства. Технологии минимизации загрязнений.

Тема 3: Токсичные компоненты ракетных топлив и их воздействие *Вопросы для обсуждения: Классификация компонентов по степени опасности. Токсичные производные гидразина. Угледородное горючее и его свойства. Пролиты компонентов: локализация и устранение. Криогенные компоненты.*

Тема 4: Экологическая безопасность при огневых испытаниях ЖРД

Вопросы для обсуждения: Воздействие стендовых испытаний на окружающую среду. Выбросы продуктов сгорания. Аэродинамический шум и световое излучение. Системы газоочистки и шумоглушения.

Тема 5: Системы очистки и рассеивания выбросов

Вопросы для обсуждения: Дожигание выхлопных газов. Гидрогашение кинетической и тепловой энергии. Подавление образования окислов азота. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере.

Тема 6: Утилизация и ликвидация ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Обращение с отходами при ликвидации. Схема комплексной утилизации устаревших изделий. Принципы минимизации воздействия. Вторичное использование материалов.

Тема 7: Современные экологичные технологии в двигателестроении

Вопросы для обсуждения: Разработка «зеленых» двигателей на экологически безопасных компонентах. Испытания на паре «кислород + нафтил». Аддитивные технологии (3D-печать металлом). Создание многоразовых двигательных установок.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Экологические принципы в ракетно-космической отрасли

Вопросы для обсуждения: Анализ экологических рисков на этапах жизненного цикла. Оценка нормативных требований.

Тема 2: Производство ракетных двигателей и экологические аспекты

Вопросы для обсуждения: Расчёт выбросов на производственных этапах. Оценка эффективности очистных систем.

Тема 3: Токсичные компоненты ракетных топлив и их воздействие *Вопросы для*

обсуждения: Расчёт концентраций токсичных веществ. Моделирование локализации проливов. Оценка воздействия на персонал.

Тема 4: Экологическая безопасность при огневых испытаниях ЖРД

Вопросы для обсуждения: Расчёт выбросов продуктов сгорания. Оценка уровня шума и светового излучения. Моделирование систем очистки.

Тема 5: Системы очистки и рассеивания выбросов

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективности дожигания. Моделирование рассеивания выбросов. Оценка сажеобразования.

Тема 6: Утилизация и ликвидация ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы утилизации. Оценка возможности вторичного использования.

Тема 7: Современные экологичные технологии в двигателестроении

Вопросы для обсуждения: Анализ экологических характеристик «зеленых» топлив. Оценка аддитивных технологий для снижения воздействия.

Требования к самостоятельной работе студентов

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

учебной литературы, по следующим темам: экологические принципы в отрасли, токсичные компоненты, системы очистки, утилизация, современные экологичные технологии.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт выбросов, оценка воздействия, моделирование систем очистки, анализ экологических рисков.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физико-химические основы образования загрязнений, методы очистки и снижения выбросов, нормативные требования, перспективные «зеленые» технологии.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Экологические принципы в ракетно-космической отрасли	ПК-3	Тестирование
Производство ракетных двигателей и экологические аспекты	ПК-3	Тестирование
Токсичные компоненты ракетных топлив и их воздействие	ПК-3	Тестирование
Экологическая безопасность при огневых испытаниях ЖРД	ПК-3	Тестирование
Системы очистки и рассеивания выбросов	ПК-3	Тестирование
Утилизация и ликвидация ракетных двигателей	ПК-3	Тестирование
Современные экологичные технологии в двигателестроении	ПК-3	Тестирование

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

Типовые задания тестовых заданий:

1. Что понимается под экологичностью ракетно-космической системы?

- А) способность системы выводить максимальную полезную нагрузку
- Б) свойство системы сохранять качество окружающей природной среды в установленных пределах при эксплуатации и по окончании эксплуатации

В) использование только твёрдого топлива

Г) минимальная стоимость запуска

2. Какое вещество относится к токсичным компонентам ракетного топлива первого и второго класса опасности?

А) жидкий кислород

Б) керосин

В) несимметричный диметилгидразин (НДМГ)

Г) вода

3. Какое из перечисленных воздействий является специфическим для ракетно-космической деятельности?

А) химическое загрязнение почвы

Б) образование космического мусора

В) разрушение природных ландшафтов

Г) загрязнение водных объектов

4. Что такое экологическая безопасность ракетно-космической деятельности?

А) состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия

Б) отсутствие любых выбросов в атмосферу

В) использование только возобновляемых источников энергии

Г) полный запрет на запуски ракет

5. Какой принцип является основополагающим при обеспечении экологической безопасности?

А) принцип экономической эффективности

Б) принцип приоритета сохранения жизни и здоровья населения и обслуживающего персонала

В) принцип максимальной грузоподъемности

Г) принцип минимальной стоимости

6. Что из перечисленного является основным фактором техногенного воздействия при огневых испытаниях двигателей?

А) вибрация оборудования

Б) выбросы продуктов сгорания и аэродинамический шум

В) электромагнитное излучение

Г) радиационное заражение

7. Каким образом осуществляется экологический мониторинг в районах падения отделяющихся частей ракет?

А) только визуальный осмотр

Б) отбор проб почвы, растений и воды до и после пуска с последующим химическим анализом

В) только аэрофотосъемка

Г) мониторинг не проводится

8. Какое из направлений относится к реализации «зеленых» технологий в космической деятельности?

А) увеличение количества запусков

Б) отказ от токсичных компонентов ракетного топлива

В) строительство новых космодромов на больших площадях

Г) использование одноразовых ракет-носителей

9. Какие объекты окружающей среды подвергаются воздействию ракетно-космических систем?

А) только атмосфера

Б) только литосфера

В) атмосфера, литосфера, гидросфера, околоземное космическое пространство и

физические поля Земли

Г) только гидросфера

10. Что относится к неспецифическому воздействию ракетно-космической отрасли на наземные экосистемы?

А) образование космического мусора

Б) локальное разрушение озонового слоя

В) химическое загрязнение почвы токсичными веществами

Г) загрязнение компонентами топлива при падении ступеней

11. Какие требования предъявляются к районам размещения космических систем с точки зрения экологии?

А) размещение допускается только в зонах экологической нормы

Б) размещение возможно только в зонах экологического бедствия

В) ограничений по экологическому состоянию района нет

Г) допускается размещение в зонах нарушенного состояния с последующей экологической реабилитацией

12. Что такое экологизация конструкций ракетно-космической техники?

А) покраска корпусов ракет в зелёный цвет

Б) процесс, направленный на минимизацию вредных воздействий на окружающую среду через инновации, экологические требования и минимизацию отходов

В) увеличение стартовой массы ракеты

Г) использование исключительно металлических конструкций

13. Какой нормативный документ устанавливает общие требования по экологической безопасности космических систем и комплексов?

А) ГОСТ Р 55978-2014

Б) СанПиН 2.1.4.1074-01

В) СНиП 2.01.01-82

Г) ГОСТ 12.1.005-88

14. Какой подход способствует снижению экологического ущерба от районов падения ступеней ракет?

А) увеличение количества отделяющихся ступеней

Б) создание многоразовых ракетно-космических систем

В) использование более тяжёлых ступеней

Г) отказ от экологического мониторинга

15. Какое из утверждений о современной ракетно-космической технике верно с точки зрения экологизации?

А) она создаётся с учётом полного жизненного цикла и оборота материалов

Б) массовая эффективность современных РКТ составляет около 1–3%, что создаёт резервы для повышения эффективности и экологичности

В) все компоненты ракет полностью утилизируются

Г) экологические требования не влияют на проектирование РКТ

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение экологической безопасности ракетно-космической деятельности. Каковы её основные принципы и цели?

2. Какие этапы жизненного цикла ракетного двигателя оказывают наибольшее негативное воздействие на окружающую среду?

3. Опишите классификацию компонентов ракетных топлив по степени токсичности и опасности для персонала и экосистем.

4. Какие токсичные вещества, такие как производные гидразина, используются в ракетных топливах, и каковы их основные свойства?

5. Как осуществляется работа с жидким кислородом и другими криогенными компонентами с точки зрения экологической безопасности?
6. В чём заключаются особенности выбросов при огневых испытаниях жидкостных ракетных двигателей (состав продуктов сгорания, объёмы и скорость выброса)?
7. Какие методы применяются для снижения аэродинамического шума и светового излучения при огневых испытаниях?
8. Как устроены системы газоочистки на испытательных стендах закрытого типа?
9. В чём суть технологии дожигания выхлопных газов и как она снижает концентрацию окиси углерода?
10. Как осуществляется гидрогашение кинетической и тепловой энергии продуктов сгорания при испытаниях?
11. Какие методы подавления образования окислов азота используются в системах очистки?
12. Как происходит рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере после газоочистки?
13. Каковы источники образования сажи и полициклических ароматических углеводородов (3,4-бензпирена) при испытаниях?
14. Опишите основные принципы утилизации и ликвидации ракетных двигателей на твёрдом топливе.
15. Какие подходы используются для минимизации воздействия загрязнений при обращении с отходами ракетных двигателей?
16. Какие современные «зелёные» топлива (нафтил, сжиженный природный газ, метан, водород) разрабатываются для ракетных двигателей?
17. В чём преимущества двигателей на паре «кислород + нафтил» с точки зрения экологии и эксплуатации?
18. Как аддитивные технологии (3D-печать металлом) способствуют улучшению экологических характеристик двигателей?
19. Какие многоразовые двигательные установки создаются для снижения экологической нагрузки от пусков?
20. Каковы перспективные направления развития экологических технологий в ракетно-космической отрасли?

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. Вокин, Г. Г. Экология и космос: введение в экологию космической деятельности: учебное пособие / Г. Г. Вокин. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. — 52 с. — ISBN 978-5-9729-0725-0. — Текст: электронный // Знаниум: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/read?id=382287>

Дополнительная литература:

1. Галеев, А. Г. Экологическая безопасность при испытаниях и отработке ракетных двигателей: учебное пособие / А. Г. Галеев. — Москва: Издательство МАИ, 2006. — 89 с.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

Для проведения 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Современные приложения рентгеновской оптики»

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. Наименование дисциплины «*Современные приложения рентгеновской оптики*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Современные приложения рентгеновской оптики».*

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области современных методов генерации, управления и применения рентгеновского излучения, включая использование синхротронов и лазеров на свободных электронах, а также освоение передовых технологий рентгеновской оптики, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач в материаловедении, биомедицине, нанотехнологиях и других наукоёмких индустриях.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен 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 генерации, управления и применения рентгеновского излучения, включая принципы работы синхротронов, лазеров на свободных электронах, многослойных зеркал, поликапиллярной оптики, линз и спектроскопических методов, а также критерии выбора материалов и оптических элементов для работы в экстремальных условиях. Уметь: выбирать и обосновывать материалы и технологические процессы для проектирования рентгенооптических элементов и систем, рассчитывать и моделировать ключевые параметры устройств, разрабатывать техническое задание и концепцию проекта, оценивать его реализуемость, технические риски и потенциальную коммерческую ценность, анализировать вопросы надёжности, диагностики и особенности испытаний разрабатываемых систем. Владеть: методами расчёта и численного моделирования рентгенооптических систем навыками обработки и

		интерпретации спектроскопических и томографических данных, приёмами проектирования экспериментальных схем для материаловедческих, биомедицинских и технологических приложений, а также способами подготовки технической документации и обоснования инженерных решений для внедрения в высокотехнологичные индустрии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные приложения рентгеновской оптики» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Современные источники рентгеновского излучения и требования к оптике	Синхротроны и лазеры на свободных электронах. Особенности излучения: высокая когерентность, яркость,

		малая расхожимость. Российские проекты. Требования к оптическим элементам для работы с современными источниками.
2	Современные рентгенооптические элементы	Многослойные рентгеновские зеркала и их применение в микроскопии, спектроскопии, астрофизике и диагностике плазмы. Составные преломляющие линзы из монокристаллов алмаза и кремния. Явление дифракционных потерь в монокристаллических линзах и методы их минимизации.
3	Поликапиллярная оптика и её применения	Принципы работы поликапиллярных линз и полуплинз на основе полного внешнего отражения. Применение поликапиллярной оптики в аналитических приборах: дифрактометры, спектрометры, рефлектометры. Использование в портативных рентгеновских комплексах для неразрушающего контроля напряжённо-деформированного состояния материалов.
4	Рентгеновская микроскопия и томография	Рентгеновский микроскоп полного поля зрения и сканирующий рентгеновский микроскоп. Пространственное разрешение и применение для исследования конденсированных сред. Сочетание микроскопии с XANES-спектроскопией и рентгеновской флуоресценцией. Рентгеновская микротомография для трёхмерной визуализации внутренней структуры непрозрачных объектов. Применение в биомедицине, материаловедении.
5	Спектроскопические методы	Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия для исследования элементного состава, химического и электронного состояния атомов. Применение в катализе и материаловедении. Автоматизация обработки спектров с использованием нейросетевых подходов. Синхротронное мёссбауэровское излучение и его применение в физике конденсированного состояния, квантовой оптике и геофизике.

		Компактные спектрометры на основе срезов многослойных структур.
6	Применение в наукоёмких технологиях	Исследование материалов для сцинтилляторов и быстрых люминофоров. Рентгеновская литография для создания элементов микроэлектроники. Исследование биологических объектов: рентгеноструктурный анализ белков, структура органических молекул. Применение в медицине: ангиография, рентгеновская микротомография. Исследование объектов культурного наследия с использованием мобильных рентгенофлуоресцентных установок.
7	Перспективные направления развития	Развитие время разрешающей рентгеновской микроскопии для мониторинга быстропротекающих процессов. Использование источников синхротронного излучения и лабораторных компактных приборов. Разработка конфокальной рентгеновской оптики для трёхмерного элементного анализа. Применение методов машинного обучения для автоматизации обработки спектральных данных

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: Современные источники рентгеновского излучения и требования к оптике.

Вопросы для обсуждения: Синхротроны и лазеры на свободных электронах.

Особенности излучения: высокая когерентность, яркость, малая расходимость. Российские проекты. Требования к оптическим элементам.

Тема 2: Современные рентгенооптические элементы

Вопросы для обсуждения: Составные преломляющие линзы из алмаза и кремния. Рентгеновские глитчи в монокристаллических линзах.

Тема 3: Поликапиллярная оптика и её применения

Вопросы для обсуждения: Применение в дифрактометрах, спектрометрах, рефлектометрах. Портативные комплексы для неразрушающего контроля.

Тема 4: Рентгеновская микроскопия и томография

Вопросы для обсуждения: Микроскоп полного поля зрения и сканирующий микроскоп. Микротомография для 3D-визуализации. Применение в биомедицине и материаловедении.

Тема 5: Спектроскопические методы

Вопросы для обсуждения: Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Применение в катализе и материаловедении. Нейросетевые подходы для обработки спектров.

Тема 6: Применение в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Исследование сцинтилляторов и люминофоров. Рентгеновская литография. Рентгеноструктурный анализ белков. Медицинская диагностика. Исследование объектов культурного наследия.

Тема 7: Перспективные направления развития

Вопросы для обсуждения: Времяразрешающая микроскопия. Конфокальная рентгеновская оптика. Компактные лабораторные приборы. Машинное обучение для обработки данных.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Современные источники рентгеновского излучения и требования к оптике.

Вопросы для обсуждения: Оценка параметров синхротронного излучения. Расчёт требований к оптике по яркости и когерентности.

Тема 2: Современные рентгенооптические элементы

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров многослойных зеркал. Оценка фокусирующих свойств линз. Анализ дифракционных потерь.

Тема 3: Поликапиллярная оптика и её применения

Вопросы для обсуждения: Моделирование фокусировки. Применение в аналитических приборах.

Тема 4: Рентгеновская микроскопия и томография

Вопросы для обсуждения: Расчёт пространственного разрешения. Обработка томографических данных и 3D-реконструкция. Интерпретация микроскопических изображений.

Тема 5: Спектроскопические методы

Вопросы для обсуждения: Обработка фотоэлектронных спектров. Анализ мёссбауэровских данных. Применение нейросетей для автоматизации.

Тема 6: Применение в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Проектирование экспериментальных схем для материаловедения, биомедицины. Оценка возможностей портативных установок.

Тема 7: Перспективные направления развития

Вопросы для обсуждения: Анализ современных тенденций. Проектирование конфокальных схем. Оценка возможностей времяразрешающих методов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: современные источники, оптические элементы (многослойные зеркала, линзы, поликапиллярная оптика), микроскопия и томография, спектроскопия, применения в материаловедении, биомедицине и культурном наследии, перспективные направления.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт параметров оптических элементов, моделирование фокусировки, обработка спектральных и томографических данных, проектирование экспериментальных схем для приложений рентгеновской оптики.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы работы современных рентгенооптических систем, методы фокусировки и монохроматизации, принципы микроскопии, томографии и спектроскопии, области применения и перспективные разработки.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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
Современные источники рентгеновского излучения и требования к оптике	ПК-2	Тестирование
Современные рентгенооптические элементы	ПК-2	Тестирование
Поликапиллярная оптика и её применения	ПК-2	Тестирование
Рентгеновская микроскопия и томография	ПК-2	Тестирование
Спектроскопические методы	ПК-2	Тестирование
Применение в наукоёмких технологиях	ПК-2	Тестирование
Перспективные направления развития	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 задания тестовых заданий:

1. Какой тип источников рентгеновского излучения обеспечивает наивысшую яркость и когерентность в настоящее время?

- А) рентгеновские трубки с вращающимся анодом
- Б) синхротроны третьего и четвёртого поколений
- В) лазеры на свободных электронах
- Г) рентгеновские трубки с неподвижным анодом

2. Какое из перечисленных свойств является ключевым для синхротронного излучения, определяющим требования к оптике?

- А) узкий спектральный диапазон
- Б) малая угловая расходимость и высокая степень когерентности
- В) отсутствие поляризации
- Г) низкая интенсивность

3. Что такое лазер на свободных электронах (XFEL)?

- А) лазер, использующий газовую смесь в качестве активной среды

Б) устройство, в котором пучок релятивистских электронов, проходя через ондулятор, генерирует когерентное рентгеновское излучение за счёт самоусиления спонтанного излучения

В) лазер, использующий кристалл для генерации рентгеновских лучей

Г) лазер, работающий на переходах между ядерными уровнями

4. Какой российский проект класса «Мегасайенс» в области рентгеновской оптики находится в стадии создания?

А) БАК

Б) СКИФ (Центр коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов»)

В) МКС

Г) ТОКАМАК

5. Какое из требований к оптике является наиболее критичным при работе с источниками синхротронного излучения?

А) оптические элементы должны обладать высоким коэффициентом отражения для нормального падения

Б) оптические элементы должны выдерживать высокие тепловые нагрузки и обеспечивать высокую точность формы поверхности

В) оптические элементы должны быть изготовлены из пластмассы

Г) оптические элементы должны работать только в видимом диапазоне

6. Что такое ондулятор в синхротронном источнике?

А) устройство для фокусировки электронного пучка

Б) периодическая магнитная структура, заставляющая электроны совершать колебания и генерировать излучение с узким спектральным диапазоном

В) устройство для охлаждения пучка

Г) детектор излучения

7. Какая длина волны соответствует жёсткому рентгеновскому диапазону?

А) 10–100 нм

Б) 0.01–0.1 нм

В) 1–10 нм

Г) 0.1–1 нм

8. Какой параметр характеризует когерентность синхротронного излучения?

А) энергия фотона

Б) длина когерентности и степень пространственной когерентности

В) температура электронного пучка

Г) магнитное поле в накопителе

9. Какое из утверждений о синхротронном излучении верно?

А) оно имеет дискретный спектр

Б) оно обладает высокой степенью поляризации и малой угловой расходимостью

В) оно не имеет пространственной когерентности

Г) оно генерируется только в рентгеновских трубках

10. Для каких целей используются рентгеновские лазеры на свободных электронах?

А) для нагрева образцов

Б) для исследования сверхбыстрых процессов и структурной динамики с фемтосекундным временным разрешением

В) для медицинской визуализации с низким разрешением

Г) для повседневной рентгеновской диагностики в больницах

11. Какое из требований к рентгенооптическим элементам является следствием высокой тепловой нагрузки от пучка?

А) использование материалов с малым коэффициентом теплового расширения и эффективное охлаждение

Б) использование пластиковых материалов

В) установка элементов в вакуум без охлаждения
Г) использование металлов с высокой отражательной способностью в видимом диапазоне

12. Что такое «СИЛА» в контексте российских проектов синхротронных исследований?

- А) название нового типа лазера
- Б) название рентгеновского микроскопа
- В) название строящегося источника синхротронного излучения в Ленинградской области
- Г) название экспериментальной станции

13. Какой диапазон энергий фотонов охватывают современные синхротронные источники третьего поколения?

- А) только мягкий рентген (до 1 кэВ)
- Б) от десятков эВ до десятков и сотен кэВ, перекрывая мягкий и жёсткий рентгеновский диапазоны
- В) только видимый свет
- Г) только гамма-диапазон

14. Какое свойство синхротронного излучения определяет необходимость использования специальных зеркал с многослойными покрытиями?

- А) высокая интенсивность
- Б) широкий спектральный диапазон и малые углы полного внешнего отражения
- В) отсутствие поляризации
- Г) монохроматичность

15. Почему для рентгеновской оптики используется полное внешнее отражение под малыми углами, а не нормальное падение?

- А) показатель преломления рентгеновского излучения во всех средах меньше единицы, что делает полное внешнее отражение возможным только при скользких углах
- Б) нормальное падение даёт больший коэффициент отражения
- В) полное внешнее отражение не зависит от длины волны
- Г) нормальное падение не используется из-за сложности юстировки

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение современной рентгеновской оптики. Каковы её основные задачи и место среди других областей физики?
2. Опишите современные источники рентгеновского излучения класса «Мегасайенс» (синхротроны, лазеры на свободных электронах). Каковы их основные характеристики и требования к оптике?
3. Какие российские проекты в области синхротронных исследований вам известны (СКИФ, СИЛА)? Каковы их основные параметры и научные задачи?
4. Что такое многослойные рентгеновские зеркала? Каковы принципы их работы и области применения?
5. Опишите объективы Шварцшильда. Для какого диапазона рентгеновского излучения они используются и каковы их преимущества?
6. Что такое составные преломляющие линзы? Какие материалы (алмаз, кремний) используются для их изготовления и почему?
7. В чём суть явления дифракционных потерь («рентгеновских глитчей») в монокристаллических линзах и как они минимизируются?
8. Каковы принципы работы поликапиллярной оптики (линзы Кумахова)? На каком физическом эффекте она основана?
9. Какие применения поликапиллярной оптики существуют в аналитических приборах (дифрактометры, спектрометры, рефлектометры)?
10. Как поликапиллярная оптика используется в портативных рентгеновских комплексах для неразрушающего контроля?

11. Опишите принципы рентгеновской микроскопии. В чём отличие микроскопа полного поля зрения от сканирующего?
12. Какое пространственное разрешение достигается в современных рентгеновских микроскопах и как оно связано с длиной волны?
13. Как сочетаются рентгеновская микроскопия с XANES-спектроскопией и флуоресцентным анализом?
14. Что такое рентгеновская микротомография? Как осуществляется 3D-реконструкция объектов и каковы её применения в биомедицине и материаловедении?
15. В чём суть рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии? Какую информацию о веществе она даёт?
16. Опишите применение синхротронного мёссбауэровского излучения в физике конденсированного состояния и геофизике.
17. Как методы машинного обучения используются для автоматизации обработки рентгеновских спектров?
18. Каковы применения рентгеновской оптики для исследования биологических объектов (белки, ткани, органы)?
19. Как рентгеновская литография используется в микроэлектронике для создания элементов с субмикронными размерами?
20. Назовите перспективные направления развития рентгеновской оптики (временноразрешающая микроскопия, конфокальная оптика, компактные лабораторные приборы).

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Бутиков, Е. И. Оптика: учебное пособие / 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>

Дополнительная литература:

1. Пивоваров, С. С. Физические основы теории оптической и рентгеновской спектроскопии: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2016. — 64 с. — ISBN 978-5-288-05653-6. — Текст: электронный // Знаниум: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=302312>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование оптических свойств молекул и материалов»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

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. Наименование дисциплины *«Моделирование оптических свойств молекул и материалов»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Моделирование оптических свойств молекул и материалов».*

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области современных теоретических и вычислительных методов моделирования оптических свойств молекул и материалов, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности, интерпретации экспериментальных данных, прогнозирования свойств новых соединений и решения прикладных задач в оптоэлектронике, биомедицине и других наукоемких 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
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: теоретические основы и современные методы моделирования оптических свойств молекулярных и конденсированных систем (квантово-химические подходы, DFT, TD-DFT, численные методы, машинное обучение), а также метрологические принципы, необходимые для планирования, проведения и интерпретации результатов вычислительных исследований в области оптического материаловедения. Уметь: самостоятельно разрабатывать план численного исследования, включая обоснование выбора метода моделирования и параметров расчёта, обрабатывать и интерпретировать результаты моделирования и экспериментальные данные с применением методов математической статистики и алгоритмов машинного обучения для извлечения количественной информации об оптических характеристиках, а также оформлять результаты в виде научных статей, отвечающих международным стандартам, и представлять их на английском языке. Владеть: навыками работы с программными комплексами для

		квантово-химических расчётов и моделирования оптических свойств, методами обработки и визуализации больших массивов данных, приёмами интерпретации спектральных и фотофизических характеристик, способами статистической обработки результатов, а также компетенциями в области академического письма и устной презентации результатов исследований на международных конференциях и в публикациях.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Моделирование оптических свойств молекул и материалов» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), 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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Теоретические основы	Предмет, задачи и место

	моделирования оптических свойств	дисциплины в подготовке физика-исследователя. Классификация методов моделирования. Место моделирования в современной физике молекул и материалов. Основные фотофизические величины и подходы к их расчёту .
2	Квантово-химические методы расчёта электронной структуры	Уравнение Шрёдингера и методы его решения для молекулярных систем. Теория функционала плотности и её применение для расчёта оптических свойств. Модель ангармонического осциллятора и адиабатический потенциал для интерпретации колебательных спектров. Программные комплексы для квантово-химических расчётов.
3	Моделирование оптических свойств молекулярных систем	Расчёт спектров поглощения и флуоресценции молекул. Модели фотофизических процессов. Учёт влияния растворителя на оптические свойства. Методы предсказания квантового выхода люминесценции. Применение для дизайна органических светодиодов, флуорофоров и фотосенсибилизаторов .
4	Моделирование оптических свойств конденсированных сред и наноструктур	Расчёт диэлектрических тензоров и оптических коэффициентов для анизотропных материалов с использованием уравнений Максвелла. Моделирование оптических свойств металлических наночастиц. Расчёт оптических свойств метаповерхностей в терминах матрицы рассеяния с использованием теории связанных мод. Моделирование распространения света в биологических тканях .
5	Численные методы и вычислительные подходы	Метод конечных элементов для моделирования физических процессов. Метод конечных разностей во временной области для расчёта оптических процессов. Применение 3D-графовых нейронных сетей для предсказания оптических свойств молекул на основе пространственной структуры. Обработка и интерпретация больших массивов экспериментальных данных .

6	Применение моделирования в наукоёмких технологиях	Дизайн молекул с заданными оптическими свойствами для оптоэлектроники: органические светодиоды, лазеры, фотоэлектрические устройства. Обратная задача молекулярного дизайна: поиск химической структуры по заданным оптическим свойствам. Использование методов машинного обучения для ускоренного скрининга больших библиотек соединений. Прогнозирование свойств лекарственных препаратов и биомаркеров

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. Теоретические основы моделирования оптических свойств

Вопросы для обсуждения: Классификация методов моделирования. Основные фотофизические величины. Место моделирования в интерпретации экспериментальных данных и предсказании свойств.

Тема 2: Квантово-химические методы расчёта электронной структуры

Вопросы для обсуждения: Теория функционала плотности. TD-DFT для возбуждённых состояний. Программные комплексы.

Тема 3: Моделирование оптических свойств молекулярных систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт спектров поглощения и флуоресценции. Модели фотофизических процессов. Учёт влияния растворителя. Предсказание квантового выхода.

Тема 4: Моделирование оптических свойств конденсированных сред и наноструктур

Вопросы для обсуждения: Расчёт диэлектрических тензоров. Плазмонный резонанс наночастиц. Метаповерхности и теория связанных мод. Распространение света в биотканях.

Тема 5: Численные методы и вычислительные подходы

Вопросы для обсуждения: Метод конечных элементов. Метод конечных разностей во временной области. Применение нейросетей для предсказания свойств.

Тема 6: Применение моделирования в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Дизайн молекул для оптоэлектроники. Обратная задача молекулярного дизайна. Машинное обучение для скрининга соединений. Прогнозирование свойств биомаркеров.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Теоретические основы моделирования оптических свойств

Вопросы для обсуждения: Классификация методов по точности и

вычислительной сложности. Определение фотофизических величин по экспериментальным данным.

Тема 2: Квантово-химические методы расчёта электронной структуры

Вопросы для обсуждения: Проведение расчётов электронной структуры в программных пакетах. Анализ результатов.

Тема 3: Моделирование оптических свойств молекулярных систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт спектров поглощения и флуоресценции. Оценка квантового выхода. Моделирование сольватохромизма.

Тема 4: Моделирование оптических свойств конденсированных сред и наноструктур

Вопросы для обсуждения: Расчёт оптических констант. Моделирование плазмонных резонансов. Обработка данных рассеяния.

Тема 5: Численные методы и вычислительные подходы

Вопросы для обсуждения: Реализация алгоритмов численного моделирования. Применение нейросетевых подходов.

Тема 6: Применение моделирования в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Решение задач дизайна материалов. Обработка и интерпретация результатов скрининга.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: классификация методов, квантово-химические подходы, моделирование молекулярных и конденсированных систем, численные методы, применение в оптоэлектронике и биомедицине.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт спектральных характеристик, обработка данных квантово-химических расчётов, моделирование оптических свойств наноструктур, применение методов машинного обучения для предсказания свойств.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы методов моделирования, алгоритмы расчёта оптических свойств, интерпретация результатов, современные подходы к дизайну материалов.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым

образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Теоретические основы моделирования оптических свойств	ПК-1	Тестирование
Квантово-химические методы расчёта электронной структуры	ПК-1	Тестирование

Моделирование оптических свойств молекулярных систем	ПК-1	Тестирование
Моделирование оптических свойств конденсированных сред и наноструктур	ПК-1	Тестирование
Численные методы и вычислительные подходы	ПК-1	Тестирование
Применение моделирования в наукоёмких технологиях	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Теоретические основы моделирования оптических свойств»:

1. Что является основной задачей моделирования оптических свойств молекул и материалов?

- А) создание новых экспериментальных установок
- Б) прогнозирование и интерпретация спектральных, фотофизических и нелинейно-оптических характеристик на основе теоретических расчётов
- В) измерение оптических свойств с высокой точностью
- Г) разработка новых лазерных источников

2. Какая из перечисленных величин характеризует вероятность излучательного перехода?

- А) сила осциллятора
- Б) квантовый выход
- В) время жизни
- Г) показатель преломления

3. К какому классу методов моделирования относится теория функционала плотности (DFT)?

- А) методы молекулярной механики
- Б) полуэмпирические методы
- В) ab initio (неэмпирические) методы
- Г) методы Монте-Карло

4. Какое уравнение является фундаментальным для квантово-химических расчётов электронной структуры?

- А) уравнение Максвелла
- Б) уравнение Шрёдингера
- В) уравнение Навье-Стокса
- Г) уравнение диффузии

5. Какой метод используется для расчёта возбуждённых состояний в рамках теории функционала плотности?

- А) метод Хартри-Фока
- Б) метод Монте-Карло
- В) метод TD-DFT
- Г) метод конечных элементов

6. Как называется способность метода моделирования давать результат, близкий к экспериментальному значению?

- А) вычислительная сложность
- Б) точность метода

- В) скорость расчёта
- Г) масштабируемость

7. Какой из перечисленных подходов позволяет учитывать влияние растворителя на оптические свойства молекул?

- А) модель вакуумной изоляции
- Б) модели сольватохромизма (например, РСМ – поляризационная континуальная модель)
- В) модель идеального газа
- Г) модель твёрдого тела

8. Какая из величин описывает долю поглощённых фотонов, приводящих к излучению?

- А) квантовый выход
- Б) сила осциллятора
- В) стоксов сдвиг
- Г) коэффициент экстинкции

9. В чём заключается обратная задача молекулярного дизайна?

- А) измерение свойств существующих молекул
- Б) поиск химической структуры, обладающей заданными оптическими свойствами
- В) создание новых экспериментальных методов
- Г) оптимизация условий синтеза

10. Какое программное обеспечение обычно используется для квантово-химических расчётов?

- А) Microsoft Office
- Б) Gaussian, QUANTUM ESPRESSO
- В) Adobe Photoshop
- Г) AutoCAD

11. Что такое сила осциллятора (f)?

- А) безразмерная величина, характеризующая вероятность поглощения фотона при переходе между уровнями
- Б) показатель преломления среды
- В) концентрация вещества
- Г) толщина образца

12. Какой подход используется для моделирования распространения света в биологических тканях?

- А) метод конечных элементов
- Б) метод Монте-Карло
- В) метод DFT
- Г) метод молекулярной динамики

13. Какие методы относятся к методам молекулярной механики?

- А) методы, использующие классические потенциалы для описания взаимодействия атомов
- Б) методы, основанные на решении уравнения Шрёдингера
- В) методы, использующие методы Монте-Карло
- Г) методы, основанные на теории функционала плотности

14. Какая из перечисленных характеристик не относится к фотофизическим величинам?

- А) энергия поглощения
- Б) время жизни возбуждённого состояния
- В) температура плавления
- Г) квантовый выход флуоресценции

15. Для какой цели применяются нейросетевые подходы в моделировании оптических свойств?

- А) для экспериментального измерения спектров
- Б) для быстрого предсказания свойств по структуре без выполнения дорогостоящих

квантово-химических расчётов
В) для создания новых лазеров
Г) для синтеза молекул

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение моделирования оптических свойств молекул и материалов. Каковы его основные задачи и место в современной физике?
2. Перечислите основные классы методов моделирования. В чём отличие ab initio методов от полуэмпирических и методов молекулярной механики?
3. Что такое теория функционала плотности? Каковы её преимущества и ограничения для расчёта оптических свойств?
4. Опишите метод TD-DFT (time-dependent DFT). Для расчёта каких свойств он применяется и какова его точность?
5. Какие фотофизические величины используются для описания оптических свойств молекул (энергия переходов, сила осциллятора, квантовый выход, время жизни)? Как они связаны между собой?
6. Как моделируется влияние растворителя на оптические свойства молекул? Опишите модель поляризационного континуума (PCM).
7. Какие модели используются для интерпретации колебательных спектров (ангармонический осциллятор, адиабатический потенциал)?
8. Как рассчитываются спектры поглощения и флуоресценции молекулярных систем? Какие факторы влияют на стоксов сдвиг?
9. Опишите методы предсказания квантового выхода люминесценции. Какие фотофизические процессы (внутренняя конверсия, интеркомбинационная конверсия) учитываются?
10. Какие методы используются для моделирования оптических свойств конденсированных сред (расчёт диэлектрических тензоров, оптических коэффициентов)?
11. Как моделируется плазмонный резонанс в металлических наночастицах? Какие численные методы применяются (FDTD, метод конечных элементов)?
12. Что такое метаповерхности и как моделируются их оптические свойства (матрица рассеяния, теория связанных мод)?
13. Какие подходы используются для моделирования распространения света в биологических тканях? Опишите метод Монте-Карло.
14. В чём суть метода конечных элементов и метода конечных разностей во временной области для решения задач оптики? Приведите примеры применения.
15. Как применяются методы машинного обучения (нейросети, графовые сети) для предсказания оптических свойств молекул и материалов?
16. Что такое обратная задача молекулярного дизайна и какие подходы используются для её решения?
17. Какие программные комплексы используются для квантово-химических расчётов и моделирования оптических свойств (Gaussian, QUANTUM ESPRESSO, FDTD-пакеты)?
18. Как моделирование оптических свойств применяется для дизайна органических светодиодов, фотоэлектрических устройств и фотосенсибилизаторов?
19. Каковы современные тенденции в развитии методов моделирования оптических свойств (мультимасштабное моделирование, использование нейросетей, высокопроизводительные вычисления)?
20. Приведите примеры успешного применения моделирования для прогнозирования свойств биомаркеров, лекарственных препаратов или функциональных 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 образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и	удовлетворительно		55-70

й (достаточный)		практически контролируемого материала			
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

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

Основная литература

1. Дёмичев, И. А. Численное моделирование оптических свойств металлических наночастиц: учебно-методическое пособие / И. А. Дёмичев, А. И. Сидоров. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2016. — 52 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91443>

Дополнительная литература

1. Барановский, В. И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В. И. Барановский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 428 с. — ISBN 978-5-8114-3961-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206195>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Синхотронные исследования микро- и наноструктурированных сред»

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. Наименование дисциплины *«Синхотронные исследования микро- и наноструктурированных сред»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: *«Синхотронные исследования микро- и наноструктурированных сред».*

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области физических основ генерации, свойств и применения синхротронного излучения, а также современных дифракционных, спектроскопических и микроскопических методов исследования микро- и наноструктурированных сред на синхротронных источниках, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач в материаловедении, нанотехнологиях, биомедицине и других 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
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: физические основы генерации и свойства синхротронного излучения, принципы работы современных дифракционных, спектроскопических и микроскопических методов исследования микро- и наноструктурированных сред, а также метрологические подходы к планированию и интерпретации экспериментов на синхротронных источниках. Уметь: самостоятельно планировать и проводить синхротронные эксперименты, обосновывать выбор методов исследования, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные с использованием методов математической статистики, а также оформлять результаты в виде научных публикаций и представлять их на английском языке. Владеть: навыками работы с большими массивами экспериментальных данных, методами их статистической обработки и визуализации, приёмами интерпретации результатов для определения структуры и свойств микро- и нанообъектов, а также

		компетенциями в области подготовки научных статей и презентаций для международной аудитории.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Синхотронные исследования микро- и наноструктурированных сред» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в синхротронные исследования. Свойства синхротронного излучения	Предмет, задачи и место дисциплины в подготовке физика-исследователя. История развития синхротронных источников. Электродинамика релятивистских заряженных частиц. Генерация синхротронного излучения в изгибных магнитах, вигглерах и ондуляторах. Классическая и квантовая теория излучения. Основные свойства синхротронного

		излучения.
2	Рентгеновская оптика и формирование пучков для микро- и наноисследований	Принципы фокусировки и монохроматизации рентгеновского излучения. Элементы рентгеновской оптики. Методы формирования микро- и нанофокусных пучков. Системы диагностики пучка.
3	Дифракционные методы исследования наноструктурированных сред	Рентгеновская дифракция (XRD) в поли- и монокристаллах. Дифракция на порошках. Малоугловое рентгеновское рассеяние (SAXS) для анализа наночастиц и пор. Дифракция в скользящем пучке (GIXD) для исследования поверхности и тонких плёнок. Рентгеновская рефлектометрия (XRR) для определения толщины, шероховатости и плотности многослойных структур. Определение параметров кристаллической решётки, напряжений, размера областей когерентного рассеяния.
4	Спектроскопические методы с использованием синхротронного излучения	Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (XAFS) и её варианты: EXAFS (изучение локального атомного окружения) и XANES (анализ электронной структуры и валентного состояния). Рентгенофлуоресцентный анализ (XRF) для элементного анализа микро- и нанообъектов. Фотоэлектронная спектроскопия (XPS) для исследования химического состава и электронной структуры поверхности. Применение методов для изучения катализаторов, функциональных материалов, биологических объектов .
5	Микроскопия и томография на синхротронных источниках	Принципы рентгеновской микроскопии. Рентгеновская микроскопия с зонными пластинками (TXM) для визуализации внутренней структуры с разрешением до десятков нанометров. Рентгеновская компьютерная томография (XCT) для 3D-реконструкции объектов. Метод стоячих рентгеновских волн для изучения распределения атомов

		на поверхности и в тонких плёнках .
6	Применение синхротронных методов в наукоёмких технологиях	Комплексные исследования микро- и наноструктурированных сред. Изучение процессов самоорганизации в наноразмерных шаблонах. Исследование тонкоплёночных систем, гетероструктур и поверхностных слоёв полупроводников, металлических сплавов, керамических материалов. Применение в биомедицине. Использование в рентгеновской литографии для создания элементной базы нанoeлектроники с проектными нормами до 10 нм. Современные тенденции: мультимодальные подходы, in-situ и operando исследования, анализ больших данных.

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 синхротронные исследования. Свойства синхротронного излучения.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Генерация СИ в изгибных магнитах, вигглерах и ондуляторах. Основные свойства СИ.

Тема 2: Рентгеновская оптика и формирование пучков для микро- и наноисследований

Вопросы для обсуждения: Многослойные зеркала и кристаллы-монокроматоры. Капиллярная оптика. Зонные пластинки Френеля. Составные преломляющие линзы. Методы формирования микро- и нанофокусных пучков.

Тема 3: Дифракционные методы исследования наноструктурированных сред

Вопросы для обсуждения: Рентгеновская дифракция в поли- и монокристаллах. Малоугловое рассеяние. Дифракция в скользящем пучке для поверхности и тонких плёнок. Рентгеновская рефлектометрия. Определение параметров решётки, напряжений, размера областей когерентного рассеяния.

Тема 4: Спектроскопические методы с использованием синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Рентгеновская абсорбционная спектроскопия. EXAFS и XANES. Рентгенофлуоресцентный анализ. Фотоэлектронная спектроскопия. Применение для элементного анализа и изучения локального атомного окружения.

Тема 5: Микроскопия и томография на синхротронных источниках

Вопросы для обсуждения: Принципы рентгеновской микроскопии. Проекционная микроскопия. Микроскопия с зонными пластинками. Рентгеновская компьютерная томография. Метод стоячих рентгеновских волн.

Тема 6: Применение синхротронных методов в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Исследование процессов самоорганизации в наноструктурах. Исследование тонкоплёночных систем и гетероструктур.

Применение в биомедицине и диагностике.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в синхротронные исследования. Свойства синхротронного излучения.

Вопросы для обсуждения: Расчёт критической энергии и длины волны СИ. Оценка угловой расходимости.

Тема 2: Рентгеновская оптика и формирование пучков для микро- и наноисследований

Вопросы для обсуждения: Расчёт фокусного расстояния зонной пластинки. Расчёт спектрального разрешения монохроматора. Выбор элементов для фокусировки пучка.

Тема 3: Дифракционные методы исследования наноструктурированных сред

Вопросы для обсуждения: Расчёт межплоскостных расстояний по дифракционным максимумам. Анализ SAXS-данных. Обработка кривых рефлектометрии.

Тема 4: Спектроскопические методы с использованием синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Обработка EXAFS- и XANES-спектров. Интерпретация рентгенофлуоресцентных данных. Определение валентного состояния.

Тема 5: Микроскопия и томография на синхротронных источниках

Вопросы для обсуждения: Расчёт разрешающей способности. Обработка томографических данных и 3D-реконструкция.

Тема 6: Применение синхротронных методов в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Анализ комплексных экспериментальных данных. Проектирование экспериментальной станции. Оценка параметров in-situ экспериментов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: свойства и генерация СИ, рентгеновская оптика, дифракционные, спектроскопические и микроскопические методы, применение в материаловедении, нанотехнологиях и биомедицине.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт параметров СИ и оптических элементов, обработка дифракционных и спектроскопических данных, анализ томографических изображений, моделирование in-situ экспериментов.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы всех методов, принципы фокусировки и монохроматизации, интерпретация экспериментальных данных (XRD, XRR, EXAFS, XRF, томография), современные применения синхротронных методов.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в синхротронные	ПК-1	Тестирование

исследования. Свойства синхротронного излучения		
Рентгеновская оптика и формирование пучков для микро- и наноисследований	ПК-1	Тестирование
Дифракционные методы исследования наноструктурированных сред	ПК-1	Тестирование
Спектроскопические методы с использованием синхротронного излучения	ПК-1	Тестирование
Микроскопия и томография на синхротронных источниках	ПК-1	Тестирование
Применение синхротронных методов в наукоёмких технологиях	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Свойства синхротронного излучения»:

1. Какое из перечисленных устройств используется для генерации синхротронного излучения в накопительных кольцах?

- А) изгибные магниты, вигглеры и ондуляторы
- Б) лазеры на свободных электронах
- В) рентгеновские трубки
- Г) газоразрядные лампы

2. Какой тип источника синхротронного излучения обеспечивает наиболее высокую яркость и когерентность?

- А) изгибной магнит
- Б) вигглер
- В) ондулятор
- Г) рентгеновская трубка

3. Какова зависимость полной мощности синхротронного излучения от энергии электрона в ультрарелятивистском пределе?

- А) пропорциональна E^2
- Б) пропорциональна E^4
- В) пропорциональна E
- Г) пропорциональна E^6

4. Какое свойство синхротронного излучения делает его уникальным для научных исследований?

- А) только видимый диапазон
- Б) непрерывный спектр от инфракрасного до жёсткого рентгеновского диапазона
- В) отсутствие поляризации
- Г) монохроматичность

5. Какова типичная угловая расходимость синхротронного излучения в вертикальной плоскости?

- А) несколько градусов
- Б) порядка миллирадиан

В) порядка микрорадиан

Г) практически нулевая

6. Какой тип поляризации преобладает у синхротронного излучения, наблюдаемого в плоскости орбиты?

А) круговая

Б) линейная (горизонтальная)

В) эллиптическая

Г) неполяризованное

7. Что происходит с поляризацией синхротронного излучения при наблюдении под углом к плоскости орбиты?

А) поляризация остаётся линейной

Б) появляется эллиптическая поляризация

В) поляризация исчезает

Г) поляризация становится круговой независимо от угла

8. Какой параметр характеризует критическую энергию фотона синхротронного излучения?

А) энергия электрона и радиус кривизны траектории

Б) только энергия электрона

В) только магнитное поле

Г) температура камеры

9. Какое из утверждений о спектральном распределении синхротронного излучения верно?

А) оно имеет дискретные линии

Б) оно имеет непрерывный спектр с максимумом вблизи критической энергии

В) оно монохроматично

Г) оно имеет только УФ-диапазон

10. Какой механизм генерации лежит в основе излучения ондулятора?

А) торможение электронов в кулоновском поле ядер

Б) движение электронов в пространственно-периодическом магнитном поле

В) переходы между атомными уровнями

Г) рассеяние фотонов на электронах

11. Какой параметр описывает ондуляторное излучение и определяет число гармоник в спектре?

А) параметр ондуляторности K

Б) критическая энергия

В) радиус кривизны

Г) температура пучка

12. Какое свойство синхротронного излучения позволяет изучать быстротекущие процессы (например, химические реакции)?

А) высокая степень поляризации

Б) импульсный характер с длительностью пико- и наносекундных вспышек

В) непрерывность спектра

В) малая расходимость

13. Что такое вигглер в синхротронном источнике?

А) устройство для фокусировки электронного пучка

Б) магнитная структура с большим периодом и сильным полем, генерирующая интенсивное излучение в широком спектральном диапазоне

В) оптический элемент для отклонения пучка

Г) детектор фотонов

14. Какое из применений синхротронного излучения основано на его высокой степени поляризации?

А) измерение спектров поглощения газов

- Б) определение магнитных и структурных свойств материалов с помощью дихроизма
- В) термический анализ
- Г) калибровка детекторов

15. Какое свойство синхротронного излучения позволяет проводить исследования в жёстком рентгеновском диапазоне (энергии > 10 кэВ)?

- А) высокая интенсивность и широкий спектральный диапазон, достигающий жёсткого рентгена
- Б) монохроматичность
- В) малая интенсивность
- Г) только мягкий рентген

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение синхротронного излучения. Перечислите его основные физические свойства (спектральный диапазон, поляризация, угловая расходимость, импульсный характер).
2. Какие типы источников синхротронного излучения используются в современных накопительных кольцах (изгибные магниты, вигглеры, ондуляторы)? В чём их принципиальное различие?
3. Как зависит полная мощность и спектральный состав синхротронного излучения от энергии электрона и магнитного поля?
4. Что такое параметр ондуляторности K и как он влияет на спектр излучения (число гармоник, их интенсивность)?
5. Какие элементы рентгеновской оптики используются для фокусировки и монохроматизации синхротронного излучения (многослойные зеркала, кристаллы-монокроматоры, капиллярная оптика, зонные пластинки Френеля)?
6. Как формируются микро- и нанофокусные пучки на синхротронных источниках? Какое пространственное разрешение может быть достигнуто?
7. Опишите принципы рентгеновской дифракции (XRD) и её применение для исследования структуры кристаллических материалов.
8. Что такое малоугловое рентгеновское рассеяние (SAXS) и какая информация о наноразмерных объектах может быть получена этим методом?
9. В чём суть дифракции в скользящем пучке (GIXD) и рентгеновской рефлектометрии (XRR)? Для исследования каких объектов (поверхность, тонкие плёнки) они применяются?
10. Что такое рентгеновская абсорбционная спектроскопия (XAFS)? В чём различие EXAFS и XANES и какую информацию они дают о локальной структуре и электронном состоянии?
11. Опишите принцип рентгенофлуоресцентного анализа (XRF). Как он используется для элементного анализа микро- и нанообъектов?
12. Каковы принципы фотоэлектронной спектроскопии (XPS) и как она применяется для исследования химического состава и электронной структуры поверхности?
13. Опишите принципы рентгеновской проекционной микроскопии и микроскопии с фокусировкой (TXM). Какое пространственное разрешение они обеспечивают?
14. Что такое рентгеновская компьютерная томография (XCT)? Как осуществляется 3D-реконструкция объектов с её помощью?
15. В чём суть метода стоячих рентгеновских волн и для каких целей он используется?
16. Как синхротронные методы применяются для исследования процессов самоорганизации и структурного упорядочения в наноразмерных системах?
17. Какие синхротронные методы наиболее эффективны для исследования тонкоплёночных гетероструктур? Приведите примеры.
18. Как синхротронное излучение используется в биомедицинских исследованиях (диагностика онкозаболеваний, структура белков, визуализация биотканей)?

19. Что такое in-situ и operando исследования на синхротронных источниках? Для изучения каких процессов они применяются?

20. Каковы перспективные направления развития синхротронных методов для исследования микро- и наноструктурированных сред (мультимодальные подходы, улучшение пространственного и временного разрешения, анализ больших данных, рентгеновская литография)?

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. Фетисов, Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ: учебное пособие для вузов / Г. В. Фетисов; под редакцией Л. А. Асланова. — Москва: Физматлит, 2007. — 672 с. — ISBN 978-5-9221-0805-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2152

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/168365>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптические методы исследования поверхности и тонких пленок»

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. Наименование дисциплины *«Оптические методы исследования поверхности и тонких пленок»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Оптические методы исследования поверхности и тонких пленок».*

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области современных оптических методов исследования поверхности и тонких пленок, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач 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 физические законы и математические модели, лежащие в основе оптических методов исследования поверхности и тонких пленок, включая эллипсометрию, спектрофотометрию, рефлектометрию, поверхностный плазмонный резонанс, интерферометрию и микроскопию, а также методы обработки экспериментальных данных. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы для организации и проведения научных исследований поверхности и тонких пленок, выбирать оптимальные оптические методы в зависимости от поставленной задачи, интерпретировать полученные спектральные, поляризационные и интерференционные данные, прогнозировать возможности использования оптических подходов для решения междисциплинарных задач в материаловедении, микроэлектронике, нанотехнологиях и биосенсорике. Владеть: навыками постановки и проведения оптических экспериментов, методами обработки и количественного анализа эллипсометрических, спектрофотометрических и

		интерференционных данных, приёмами моделирования оптических свойств многослойных структур, способами интерпретации результатов и интеграции оптических методов с другими диагностическими подходами в комплексных междисциплинарных исследованиях.
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 математические модели, лежащие в основе оптических методов исследования поверхности и тонких пленок, включая эллипсометрию, спектрофотометрию, рефлектометрию, поверхностный плазмонный резонанс, интерферометрию и микроскопию, а также современные технологические подходы к выбору материалов, схем и методов характеристики для решения инженерных и материаловедческих задач. Уметь: выбирать и обосновывать оптимальные оптические методы, материалы и технологические процессы для исследования и контроля параметров тонких пленок и поверхностей, рассчитывать и моделировать ключевые параметры устройств, разрабатывать техническое задание и концепцию проекта, оценивать его реализуемость, технические риски и потенциальную коммерческую ценность, а также анализировать вопросы надёжности, диагностики и особенности испытаний разрабатываемых систем. Владеть: навыками постановки и проведения оптических экспериментов, методами обработки и количественного анализа эллипсометрических, спектрофотометрических и интерференционных данных,

		приёмами численного моделирования оптических свойств тонкопленочных структур, способами интеграции оптических методов в технологические процессы и подготовки технической документации для внедрения в высокотехнологичные индустрии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Оптические методы исследования поверхности и тонких пленок*» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Основы взаимодействия света с поверхностью и тонкими пленками	Предмет, задачи и место дисциплины в подготовке физика-исследователя. Классификация оптических методов исследования. Преимущества оптических методов: неинвазивность, бесконтактность,

		возможность in-situ измерений. Основные оптические величины, характеризующие тонкие пленки: показатель преломления, коэффициент поглощения, толщина, шероховатость .
2	Эллипсометрия	Физические основы эллипсометрии. Спектроскопическая эллипсометрия с переменным углом падения. Эллипсометрические модели для определения толщины и оптических постоянных тонких пленок. Метод наименьших квадратов для аппроксимации экспериментальных данных. Применение эллипсометрии в микроэлектронике, материаловедении, биологии.
3	Спектрофотометрия и рефлектометрия	Измерение коэффициентов пропускания и отражения тонкопленочных систем в спектральном диапазоне. Определение оптических констант по спектральным зависимостям пропускания и отражения при нормальном и близком к нормальному падении света. Комбинированные методы: спектроскопическая эллипсометрия и спектроскопическая рефлектометрия для повышения точности определения параметров. Применение для контроля качества оптических покрытий.
4	Метод поверхностного плазмонного резонанса	Физические основы поверхностного плазмонного резонанса. Условия возбуждения: угол полного внутреннего отражения, резонансный угол, зависимость от толщины и оптических свойств пленок. Спектроскопия ППР с использованием акустооптических перестраиваемых фильтров. Высокая чувствительность метода для исследования наноразмерных пленок. Применение в биосенсорике, контроле оптических покрытий.
5	Интерферометрические и микроскопические методы	Интерферометрические методы измерения толщины тонких пленок. Интерференционная микроскопия для анализа рельефа поверхности и толщины пленок на основе

		интерферограмм. Применение для исследования монослоев Ленгмюра-Блоджетт, фазового поведения, кинетики адсорбции. Шлирен-методы и интерференционные методы для измерения толщин жидких пленок .
6	Комплексные и современные методы исследования	Интеграция оптических методов для комплексной характеристики поверхности и пленок. Магнитооптические методы для исследования магнитных свойств тонких пленок. Комплекс методик для анализа рельефа и механических характеристик тонкопленочных структур с использованием цифровых моделей рельефа. Применение методов машинного обучения для обработки и интерпретации оптических данных. Современные тенденции: развитие гиперспектральной визуализации, мультимодальных подходов, создание сенсоров на основе плазмонных и метаповерхностных структур.

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. Основы взаимодействия света с поверхностью и тонкими пленками.

Вопросы для обсуждения: Классификация оптических методов исследования поверхности и тонких пленок. Преимущества и ограничения оптических методов. Основные оптические величины (показатель преломления, коэффициент поглощения, толщина, шероховатость). Механизмы взаимодействия света с поверхностью и тонкими пленками.

Тема 2: Эллипсометрия

Вопросы для обсуждения: Физические основы эллипсометрии: измерение изменения состояния поляризации света при отражении. Спектроскопическая эллипсометрия с переменным углом падения. Эллипсометрические модели для определения толщины и оптических постоянных. Применение в микроэлектронике и материаловедении.

Тема 3: Спектрофотометрия и рефлектометрия

Вопросы для обсуждения: Измерение коэффициентов пропускания и отражения тонкопленочных систем. Определение оптических констант по спектральным зависимостям. Комбинированные методы для повышения точности. Применение для контроля качества оптических покрытий.

Тема 4: Метод поверхностного плазмонного резонанса

Вопросы для обсуждения: Возбуждение поверхностных плазмонов на границе металл-диэлектрик. Условия резонанса и резонансный угол. Высокая чувствительность метода. Применение в биосенсорике и контроле покрытий.

Тема 5: Интерферометрические и микроскопические методы

Вопросы для обсуждения: Интерферометрические методы измерения толщины. Интерференционная микроскопия для анализа рельефа. Шлирен-методы и интерференционные методы для жидких пленок.

Тема 6: Комплексные и современные методы исследования

Вопросы для обсуждения: Интеграция оптических методов для комплексной характеристики. Магнитооптические методы для исследования магнитных свойств. Применение методов машинного обучения. Современные тенденции: гиперспектральная визуализация, мультимодальные подходы, плазмонные и метаповерхностные структуры.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Основы взаимодействия света с поверхностью и тонкими пленками.

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициентов отражения и пропускания на границе раздела сред. Оценка глубины проникновения света в пленку. Классификация методов.

Тема 2: Эллипсометрия

Вопросы для обсуждения: Обработка эллипсометрических данных, определение толщины и показателя преломления.

Тема 3: Спектрофотометрия и рефлектометрия

Вопросы для обсуждения: Расчёт спектров пропускания и отражения многослойных структур. Определение оптических констант по экстремумам спектров.

Тема 4: Метод поверхностного плазмонного резонанса

Вопросы для обсуждения: Расчёт резонансного угла для системы металл-диэлектрик. Определение толщины диэлектрического слоя по сдвигу резонансного угла.

Тема 5: Интерферометрические и микроскопические методы

Вопросы для обсуждения: Расчёт толщины пленки по интерференционной картине. Анализ интерферограмм для оценки шероховатости.

Тема 6: Комплексные и современные методы исследования

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ различных оптических методов. Моделирование экспериментальных данных. Применение методов обработки данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: основы взаимодействия света с поверхностью, эллипсометрия, спектрофотометрия, плазмонный резонанс, интерферометрические и микроскопические методы, современные подходы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт оптических параметров пленок, обработка эллипсометрических и спектрофотометрических данных, расчёт резонансных углов, анализ интерферограмм.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим

темам: физические основы всех методов, области применения, сравнительный анализ разрешающей способности, методы обработки и интерпретации данных.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Основы взаимодействия света с поверхностью и тонкими пленками	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Эллипсометрия	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Спектрофотометрия и рефлектометрия	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Метод поверхностного плазмонного резонанса	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Интерферометрические и микроскопические методы	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Комплексные и современные методы исследования	ОПК-2, 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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Основы взаимодействия света с поверхностью и тонкими пленками»:

1. Какое из перечисленных преимуществ является основным для оптических методов исследования поверхности?

- А) высокая стоимость оборудования
- Б) неинвазивность и бесконтактность
- В) необходимость вакуума
- Г) разрушение образца

2. Что характеризует показатель преломления вещества?

- А) скорость света в веществе относительно скорости света в вакууме
- Б) коэффициент поглощения света
- В) степень шероховатости поверхности
- Г) толщину пленки

3. Какой закон описывает отражение света на границе раздела двух сред для углов, не превышающих критический?

- А) закон Снеллиуса (закон преломления)
- Б) закон Малюса

В) закон Стефана-Больцмана

Г) закон Вина

4. Что такое коэффициент отражения (R) на границе раздела сред?

А) отношение интенсивности отражённой волны к интенсивности падающей

Б) отношение интенсивности прошедшей волны к интенсивности падающей

В) сумма интенсивностей отражённой и прошедшей волн

Г) разность интенсивностей падающей и отражённой волн

5. Какое из утверждений о тонких пленках верно?

А) толщина пленки сравнима с длиной волны света или меньше её

Б) толщина пленки всегда больше длины волны света

В) тонкие пленки не влияют на оптические свойства

Г) тонкие пленки не могут быть нанесены на подложку

6. Какая величина описывает степень шероховатости поверхности?

А) показатель преломления

Б) среднеквадратичное отклонение высот поверхности (R_q)

В) толщина пленки

Г) коэффициент отражения

7. Какой механизм взаимодействия света с поверхностью приводит к изменению направления распространения без изменения частоты?

А) поглощение

Б) рассеяние

В) отражение

Г) преломление

8. Что происходит с интенсивностью отражённого света при переходе через критический угол полного внутреннего отражения?

А) интенсивность скачкообразно уменьшается до нуля

Б) интенсивность становится равной интенсивности падающей волны

В) интенсивность не изменяется

Г) интенсивность возрастает

9. Какая из оптических величин является комплексной и характеризует как преломление, так и поглощение света в среде?

А) действительный показатель преломления

Б) мнимый показатель преломления (коэффициент экстинкции)

В) комплексный показатель преломления $n^* = n + ik$

Г) диэлектрическая проницаемость

10. Какой метод исследования основан на измерении изменения поляризации света при отражении от поверхности?

А) спектрофотометрия

Б) эллипсометрия

В) интерферометрия

Г) рефлектометрия

11. Какое из утверждений о глубине проникновения света в вещество верно?

А) она тем больше, чем больше коэффициент поглощения

Б) она тем меньше, чем больше коэффициент поглощения

В) она не зависит от коэффициента поглощения

Г) она определяется только длиной волны

12. Какой метод используется для измерения коэффициентов пропускания и отражения тонкопленочных систем в спектральном диапазоне?

А) эллипсометрия

Б) спектрофотометрия

В) микроскопия Брюстера

Г) плазмонный резонанс

13. Что происходит с состоянием поляризации света при отражении от поверхности диэлектрика под углом, отличным от нормального?

- А) поляризация не изменяется
- Б) s- и p-компоненты отражаются с разными коэффициентами, что приводит к изменению состояния поляризации
- В) свет становится полностью неполяризованным
- Г) происходит преобразование линейной поляризации в круговую

14. Какой физический эффект лежит в основе метода поверхностного плазмонного резонанса?

- А) возбуждение поверхностных электромагнитных волн (плазмонов) на границе металл-диэлектрик
- Б) интерференция света в тонкой пленке
- В) рассеяние света на шероховатостях
- Г) отражение света под углом Брюстера

15. Какая из перечисленных величин не является характеристикой тонкой пленки?

- А) толщина
- Б) показатель преломления
- В) температура плавления
- Г) коэффициент поглощения

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте классификацию оптических методов исследования поверхности и тонких пленок. В чём их преимущества перед другими методами (например, механическими или электронно-зондовыми)?
2. Какие оптические величины характеризуют тонкие плёнки (показатель преломления, коэффициент поглощения, толщина, шероховатость)? Как они связаны с оптическими свойствами материала?
3. Опишите механизмы взаимодействия света с поверхностью и тонкими пленками (отражение, пропускание, рассеяние, поляризационные эффекты).
4. Что такое комплексный показатель преломления ($n^* = n + ik$) и как он связан с диэлектрической проницаемостью и проводимостью среды?
5. Сформулируйте законы Френеля для отражения и пропускания света на границе раздела двух сред. Как они зависят от угла падения и поляризации света?
6. Что такое состояние поляризации света? Как изменяется поляризация при отражении от поверхности диэлектрика и металла?
7. Опишите физические основы эллипсометрии. Что такое параметры Ψ и Δ и какую информацию о плёнке они несут?
8. Как определяются толщина и оптические постоянные тонких пленок из эллипсометрических данных? Какие модели используются для интерпретации?
9. Каковы принципы спектрофотометрии и рефлектометрии? Как по спектральным зависимостям пропускания и отражения можно определить оптические константы пленки?
10. Какие факторы ограничивают точность определения параметров тонких пленок спектрофотометрическими методами? Как можно повысить точность (например, комбинируя методы)?
11. Что такое поверхностный плазмонный резонанс (ППР)? Опишите схему Кречмана для его возбуждения.
12. Как зависит условие возбуждения ППР (резонансный угол) от толщины и оптических свойств диэлектрической пленки, нанесённой на металл?
13. Каковы основные области применения метода поверхностного плазмонного резонанса (биосенсоры, контроль покрытий)? В чём его высокая чувствительность?

14. Опишите интерферометрические методы измерения толщины тонких пленок. Как интерференционная картина связана с толщиной пленки?
15. Что такое интерференционная микроскопия и как она используется для анализа рельефа поверхности и толщины пленок?
16. Опишите метод угловой микроскопии Брюстера. На каком физическом эффекте он основан и для исследования каких объектов применяется?
17. Какие шпирен-методы и интерференционные методы используются для исследования жидких пленок и монослоев? Какую информацию они дают?
18. Что такое магнитооптические методы и как они применяются для исследования магнитных свойств тонких пленок?
19. Каковы современные тенденции в развитии оптических методов исследования поверхности и тонких пленок (гиперспектральная визуализация, мультимодальные подходы, плазмонные и метаповерхностные структуры)?
20. Как интегрируются различные оптические методы для комплексной характеристики поверхности и тонкопленочных структур? Приведите примеры применения в материаловедении, микроэлектронике и биосенсорике.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Путилин, Э. С. Оптические покрытия: учебник / Э. С. Путилин, Л. А. Губанова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-2005-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168923>

Дополнительная литература:

1. Антоненко, С. В. Технология тонких пленок: учебное пособие для вузов / С. В. Антоненко. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2008. — 104 с. — ISBN 978-5-7262-1036-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=75918

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптика коротких импульсов»

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. Наименование дисциплины «*Оптика коротких импульсов*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Оптика коротких импульсов».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области физических основ генерации, распространения и управления ультракороткими лазерными импульсами, методов их измерения и характеристики, а также применения в наукоёмких технологиях, включая исследование сверхбыстрых процессов, фемтосекундную спектроскопию, лазерную микрообработку, оптическую связь и квантовые технологии.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен 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 математические модели, лежащие в основе генерации, распространения и усиления ультракоротких импульсов, включая нелинейно-оптические эффекты и дисперсионные явления, а также современные технологические подходы к проектированию лазерных систем, выбору активных сред, оптических элементов и методов характеристики импульсов для решения инженерных задач. Уметь: выбирать и обосновывать оптимальные материалы, схемы и технологические процессы для проектирования лазерных систем ультракоротких импульсов, рассчитывать и моделировать ключевые параметры устройств, разрабатывать техническое задание и концепцию проекта, оценивать его реализуемость, технические риски и потенциальную коммерческую ценность, а также анализировать вопросы надёжности, диагностики и особенности испытаний разрабатываемых систем. Владеть: навыками расчёта параметров лазерных импульсов и оптических схем с использованием теоретических моделей и программного обеспечения для моделирования,

		методами численного моделирования распространения импульсов в диспергирующих и нелинейных средах, приёмами диагностики и характеристики ультракоротких импульсов, способами подготовки технической документации и обоснования инженерных решений для внедрения в высокотехнологичные индустрии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Оптика коротких импульсов*» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в физику ультракоротких импульсов	Предмет, задачи и место дисциплины в современной физике и наукоёмких технологиях. История развития методов получения коротких импульсов. Характерные

		временные масштабы физических явлений. Основные характеристики ультракоротких импульсов: длительность, форма, спектральная ширина, соотношение неопределённостей. Описание импульса. Распространение импульсов в диспергирующих средах: групповая скорость, групповая задержка, дисперсия групповых скоростей .
2	Методы генерации коротких и сверхкоротких импульсов	Режимы работы лазеров. Активная и пассивная синхронизация мод: механизмы и схемы. Керровская линза как искусственный самопросветляющийся фильтр. Принципы построения лазеров фемтосекундных импульсов. Типы активных сред для генерации сверхкоротких импульсов.
3	Усиление и управление характеристиками импульсов	Методы усиления ультракоротких импульсов: многопроходные усилители, регенеративные усилители. Методика усиления чирпированных импульсов. Принципы растягивания и сжатия импульсов во времени. Компенсация дисперсии групповых скоростей с помощью дисперсионно-задерживающих линий и чирпированных зеркал. Формирование и управление фазой импульсов: пространственные модуляторы света и схемы 4f .
4	Нелинейно-оптические эффекты при распространении коротких импульсов	Линейное распространение и влияние оптических элементов на форму импульса. Нелинейные эффекты второго порядка: генерация второй гармоники и параметрические процессы. Нелинейные эффекты третьего порядка: фазовая самомодуляция, кросс-модуляция, самофокусировка, генерация суперконтинуума. Когерентные явления на временах короче времени фазовой релаксации. Распространение импульсов в нелинейных волокнах и формирование солитонов .
5	Методы измерения и характеристики ультракоротких импульсов	Измерение длительности импульсов. Спектральные методы. Метод SPIDER (спектральная

		интерферометрия с прямым электрическим полем). Измерение энергии, спектра и временной формы импульса. Измерение оптических частот с использованием «частотной гребенки» на основе суперконтинуума .
6	Экстремальная оптика и применения коротких импульсов	Генерация высших гармоник в газах как основа получения аттосекундных импульсов. Принципы генерации аттосекундных импульсов и их применение. Исследование сверхбыстрых процессов: метод накачка-зондирование. Применения в фемтосекундной спектроскопии, фемтохимии, биологии и медицине. Лазерная обработка материалов, прецизионная микрообработка, аддитивное производство. Передача информации в оптических линиях связи с мультиплексированием

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Введение в физику ультракоротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Основные характеристики импульсов: длительность, спектральная ширина, соотношение неопределённостей. Чирп и дисперсия групповых скоростей. Распространение импульсов в диспергирующих средах.

Тема 2: Методы генерации коротких и сверхкоротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Активная и пассивная синхронизация мод. Керровская линза. Принципы построения фемтосекундных лазерных систем.

Тема 3: Усиление и управление характеристиками импульсов

Вопросы для обсуждения: Усиление chirпированных импульсов. Растягивание и сжатие импульсов. Компенсация дисперсии. Управление фазой и формой импульсов.

Тема 4: Нелинейно-оптические эффекты при распространении коротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Фазовая самомодуляция и кросс-модуляция. Самофокусировка. Генерация суперконтинуума. Оптические солитоны в волокнах.

Тема 5: Методы измерения и характеристики ультракоротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Автокорреляция (интенсивностная и интерферометрическая). Методы FROG и SPIDER для восстановления амплитуды и фазы. Измерение спектра и энергии импульсов.

Тема 6: Экстремальная оптика и применения коротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Генерация высших гармоник в газах. Аттосекундные импульсы. Метод накачка-зондирование. Применения в спектроскопии, биомедицине, микрообработке и оптической связи.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в физику ультракоротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Расчёт длительности импульса из спектральной ширины. Оценка дисперсионного уширения.

Тема 2: Методы генерации коротких и сверхкоротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров резонатора для синхронизации мод. Оценка длительности импульсов для различных механизмов синхронизации.

Тема 3: Усиление и управление характеристиками импульсов

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров системы CPA. Оценка степени сжатия импульса. Моделирование компенсации дисперсии.

Тема 4: Нелинейно-оптические эффекты при распространении коротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Расчёт фазовой самомодуляции. Оценка критической мощности самофокусировки. Моделирование спектрального уширения.

Тема 5: Методы измерения и характеристики ультракоротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Расчёт автокорреляционной функции. Обработка данных FROG. Интерпретация спектральных интерферограмм.

Тема 6: Экстремальная оптика и применения коротких импульсов

Вопросы для обсуждения: Оценка временного разрешения pump-probe. Расчёт параметров генерации гармоник. Проектирование экспериментальных схем.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: характеристики ультракоротких импульсов, методы генерации и усиления, нелинейно-оптические эффекты, методы характеристики, экстремальная оптика и применения.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт параметров импульсов, дисперсионного уширения, синхронизации мод, системы CPA, фазовой самомодуляции, обработка данных автокорреляции и FROG.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы всех разделов, методы расчёта характеристик импульсов, принципы генерации и усиления, нелинейные эффекты, методы измерения, применение в наукоёмких технологиях.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в физику	ПК-2	Тестирование

ультракоротких импульсов		
Методы генерации коротких и сверхкоротких импульсов	ПК-2	Тестирование
Усиление и управление характеристиками импульсов	ПК-2	Тестирование
Нелинейно-оптические эффекты при распространении коротких импульсов	ПК-2	Тестирование
Методы измерения и характеристики ультракоротких импульсов	ПК-2	Тестирование
Экстремальная оптика и применения коротких импульсов	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Введение в физику ультракоротких импульсов»:

1. Какой диапазон длительностей соответствует ультракоротким импульсам?

- А) пико- и фемтосекунды
- Б) микросекунды
- В) миллисекунды
- Г) наносекунды

2. Какое соотношение связывает длительность импульса и ширину его спектра?

- А) $\Delta t \cdot \Delta \nu \geq \text{const}$
- Б) $\Delta t + \Delta \nu = \text{const}$
- В) $\Delta t / \Delta \nu = \text{const}$
- Г) $\Delta t^2 + \Delta \nu^2 = \text{const}$

3. Что такое чирп импульса?

- А) изменение формы импульса во времени
- Б) изменение мгновенной частоты внутри импульса
- В) изменение амплитуды импульса
- Г) изменение поляризации импульса

4. Что характеризует дисперсия групповых скоростей (ДГС)?

- А) зависимость групповой скорости от частоты
- Б) зависимость фазовой скорости от интенсивности
- В) поглощение энергии в среде
- Г) рассеяние света на неоднородностях

5. Какая форма импульса соответствует минимальному произведению длительности на спектральную ширину (transform-limited)?

- А) гауссовская
- Б) гиперболический секанс
- В) прямоугольная
- Г) экспоненциальная

6. Какое выражение описывает комплексную огибающую ультракороткого импульса?

- А) $A(t) = E_0 \exp(-t^2/\tau^2)$
- Б) $A(t) = E_0 \exp(-i\omega_0 t)$

В) $A(t) = E_0 \exp(i\omega_0 t)$

Г) $A(t) = E_0 \cos(\omega_0 t)$

7. Что такое групповая скорость в диспергирующей среде?

А) скорость переноса энергии импульса

Б) скорость распространения фазового фронта

В) скорость отдельной спектральной компоненты

Г) скорость изменения амплитуды

8. Какой параметр определяет уширение импульса при распространении в среде с дисперсией?

А) коэффициент поглощения

Б) коэффициент нелинейности

В) дисперсия групповых скоростей (β_2)

Г) показатель преломления

9. Какой случай соответствует нормальной дисперсии групповых скоростей ($\beta_2 > 0$)?

А) высокочастотные компоненты распространяются быстрее низкочастотных

Б) низкочастотные компоненты распространяются быстрее высокочастотных

В) все компоненты распространяются с одинаковой скоростью

Г) скорость не зависит от частоты

10. Что такое частотная гребенка в контексте ультракоротких импульсов?

А) набор равноотстоящих спектральных линий, соответствующих импульсной последовательности

Б) устройство для измерения длительности импульсов

В) метод усиления импульсов

Г) тип лазерного резонатора

11. Какое из утверждений о длительности импульса и его спектре верно?

А) более короткие импульсы имеют более узкий спектр

Б) более короткие импульсы имеют более широкий спектр

В) спектр не зависит от длительности

Г) длительность и спектр не связаны

12. Что такое фаза несущей-огибающей (CER)?

А) сдвиг фазы между несущей частотой и огибающей импульса

Б) фаза огибающей импульса

В) фаза несущей частоты

Г) начальная фаза импульса

13. Какой тип дисперсии вызывает линейный чирп импульса?

А) дисперсия групповых скоростей

Б) дисперсия третьего порядка

В) нелинейная дисперсия

Г) поляризационная дисперсия

14. Что такое эффект самофокусировки при распространении коротких импульсов?

А) уменьшение интенсивности импульса

Б) изменение спектра импульса за счёт нелинейности

В) фокусировка пучка за счёт нелинейного показателя преломления при высокой интенсивности

Г) увеличение длительности импульса

15. Какова типичная длительность импульса Ti:Sa-лазеров с пассивной синхронизацией мод?

А) несколько наносекунд

Б) несколько пикосекунд

В) несколько фемтосекунд

Г) несколько микросекунд

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение ультракоротких импульсов. Какие характерные временные масштабы относятся к этой области?
2. Сформулируйте соотношение неопределённостей для длительности и спектральной ширины импульса. Что такое transform-limited импульс?
3. Что такое чирп импульса? Какие бывают виды чирпа и как он влияет на форму импульса?
4. Что такое дисперсия групповых скоростей и как она влияет на распространение ультракоротких импульсов в среде?
5. Опишите основные методы генерации коротких импульсов (модуляция добротности, синхронизация мод). В чём их принципиальное отличие?
6. В чём суть активной и пассивной синхронизации мод? Какие механизмы используются для пассивной синхронизации (насыщающиеся поглотители, керровская линза)?
7. Опишите принцип работы Ti:Sa-лазера с керровской линзой. Каковы его преимущества для генерации фемтосекундных импульсов?
8. Что такое метод усиления чирпированных импульсов? Для чего он используется и как реализуется?
9. Какие устройства используются для растягивания и сжатия ультракоротких импульсов? Как компенсируется дисперсия?
10. Опишите основные нелинейно-оптические эффекты, возникающие при распространении мощных коротких импульсов: фазовая самомодуляция, кросс-модуляция, самофокусировка.
11. Что такое суперконтинуум и как он генерируется? В каких областях он применяется?
12. Что такое оптические солитоны и как они формируются в волоконных световодах? Каковы условия их существования?
13. Какие методы измерения длительности ультракоротких импульсов существуют? Опишите принцип работы автокоррелятора.
14. Что такое метод FROG (Frequency-Resolved Optical Gating)? Как он позволяет восстановить амплитуду и фазу импульса?
15. Опишите метод SPIDER для характеристики ультракоротких импульсов. В чём его преимущества перед FROG?
16. Что такое фаза несущей-оггибающей и почему она важна для аттосекундной физики?
17. Как генерируются аттосекундные импульсы (генерация высших гармоник в газах)? Каковы их основные характеристики и применения?
18. Опишите метод накачка-зондирование. Какое временное разрешение он обеспечивает и для каких исследований применяется?
19. Приведите примеры применений ультракоротких импульсов в фемтосекундной спектроскопии, фемтохимии, биомедицине и лазерной микрообработке.
20. Каковы перспективы развития оптики коротких импульсов? Какие новые направления (аттосекундная физика, квантовое управление, терагерцовая оптика) наиболее важны?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования)	Пятибалльная шкала (академическая)	Двухбалльная шкала	БРС, % освоения (рейтинг)

		компетенции, критерии оценки (сформированности)	ческая) оценка	а, зачет	говая оценка)
Повыш енный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтен о	86-100
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител	не зачтен	Менее 55

ЫЙ		ЬНО	О	

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

Основная литература:

1. Крюков, П. Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики: учебное пособие / П. Г. Крюков. — Москва: Физматлит, 2008. — 208 с. — ISBN 978-5-922109-41-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2218>

Дополнительная литература:

1. Желтиков, А. М. Сверхкороткие импульсы и методы нелинейной оптики: учебное пособие / А. М. Желтиков. — Москва: Физматлит, 2006. — 296 с. — ISBN 5-9221-0693-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59427>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория синхротронного излучения»

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. Наименование дисциплины «*Теория синхротронного излучения*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Теория синхротронного излучения».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области физических основ теории синхротронного излучения, включая классическую и квантовую электродинамику релятивистских зарядов, характеристики излучения в магнитных полях, принципы работы ондуляторов и лазеров на свободных электронах, а также методы взаимодействия и применения синхротронного излучения, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики высоких энергий, материаловедения, биомедицины и других 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 модели классической и квантовой электродинамики, описывающие генерацию, спектральные, угловые и поляризационные характеристики синхротронного и ондуляторного излучения релятивистских заряженных частиц, а также принципы работы лазеров на свободных электронах и механизмы взаимодействия синхротронного излучения с веществом. Уметь: применять физико-математический аппарат для расчёта параметров синхротронного излучения, анализировать и интерпретировать результаты экспериментальных данных, получаемых на синхротронных источниках, а также оперативно осуществлять поиск, критический анализ и целенаправленный подбор специализированной информации для обоснования исследовательских подходов и инженерных решений. Владеть: навыками расчёта характеристик синхротронного излучения с использованием теоретических моделей, методами численного моделирования процессов излучения в магнитных

		полях и ондуляторах, приёмами обработки и интерпретации спектроскопических и дифракционных данных, а также способами работы с научной литературой и базами данных для эффективного решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности в области наукоёмких технологий.
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 математические модели классической и квантовой электродинамики, лежащие в основе генерации синхротронного, ондуляторного излучения и работы лазеров на свободных электронах, а также современные технологические подходы к проектированию каналов вывода и экспериментальных станций, выбору оптических материалов и элементов для работы с синхротронным излучением в различных спектральных диапазонах. Уметь: выбирать и обосновывать оптимальные материалы, схемы и технологические процессы для проектирования элементов и систем, работающих с синхротронным излучением, рассчитывать и моделировать ключевые параметры устройств, разрабатывать техническое задание и концепцию проекта, оценивать его реализуемость, технические риски и потенциальную коммерческую ценность, а также анализировать вопросы надёжности, диагностики и особенности испытаний разрабатываемых систем. Владеть: навыками расчёта характеристик синхротронного излучения с использованием теоретических моделей и методов численного моделирования, приёмами проектирования

		оптических схем каналов и экспериментальных станций, методами оценки радиационной стойкости материалов и тепловых режимов работы оптических элементов, а также способами подготовки технической документации и обоснования инженерных решений для внедрения в высокотехнологичные индустрии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория синхротронного излучения» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в теорию синхротронного излучения	Предмет, задачи и место дисциплины в подготовке физика-исследователя. Роль СИ в развитии физики высоких энергий и методов исследования структуры вещества.

		Классификация видов излучения релятивистских зарядов: синхротронное излучение, ондуляторное излучение, излучение в линейных ускорителях.
2	Классическая электродинамика релятивистских зарядов	Уравнения Максвелла и электромагнитное поле движущегося заряда. Формула Лармора и её релятивистское обобщение. Преобразования Лоренца и их применение к описанию поля ультрарелятивистской частицы. Понятие о радиационном трении и потерях энергии на излучение.
3	Излучение релятивистской частицы в магнитном поле	Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Полная мощность излучения и её зависимость от энергии частицы. Угловое распределение синхротронного излучения: релятивистское сужение диаграммы направленности. Спектральное распределение мощности: критическая частота и критическая энергия фотона.
4	Поляризационные свойства синхротронного излучения	Поляризация излучения в плоскости орбиты. Эллиптическая и круговая поляризация при наблюдении вне плоскости орбиты. Спектральные характеристики поляризационных компонент. Применение поляризационных эффектов для диагностики магнитных свойств материалов.
5	Ондуляторное излучение	Принцип генерации ондуляторного излучения в пространственно-периодическом магнитном поле. Параметры ондулятора. Спектр ондуляторного излучения. Сравнение с излучением изгибных магнитов. Роль ондуляторов в источниках третьего и четвёртого поколений.
6	Квантовые эффекты в синхротронном излучении	Квантовая теория излучения релятивистского электрона. Квантовые флуктуации и их влияние на динамику пучка. Радиационное демпфирование и квантовое возбуждение. Квантовый предел и границы применимости классического описания.

7	Лазеры на свободных электронах	Физические принципы работы лазера на свободных электронах. Процесс самоусиления спонтанного излучения. Условия когерентной генерации. Основные характеристики ЛСЭ. Сравнение с синхротронными источниками.
8	Взаимодействие синхротронного излучения с веществом	Механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом: фотоэффект, комптоновское рассеяние, когерентное рассеяние. Дифракция и рассеяние синхротронного излучения. Применение для исследования атомной и электронной структуры материалов.
9	Применение теории синхротронного излучения в наукоёмких технологиях	Использование синхротронного излучения в спектроскопии твёрдого тела. Методы рентгеновской микроскопии и томографии. Применение в материаловедении, биологии и медицине. Проектирование экспериментальных станций и расчёт параметров пучка. Современные источники СИ и перспективные направления развития.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Введение в теорию синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. История открытия СИ. Классификация видов излучения релятивистских зарядов. Роль СИ в физике высоких энергий и материаловедении.

Тема 2: Классическая электродинамика релятивистских зарядов

Вопросы для обсуждения: Уравнения Максвелла и поле движущегося заряда. Формула Лармора и её релятивистское обобщение. Радиационное трение и потери энергии.

Тема 3: Излучение релятивистской частицы в магнитном поле

Вопросы для обсуждения: Движение в однородном магнитном поле. Полная мощность излучения. Угловое распределение и релятивистское сужение диаграммы. Спектральное распределение: критическая частота и энергия фотона.

Тема 4: Поляризационные свойства синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Линейная поляризация в плоскости орбиты. Эллиптическая и круговая поляризация вне плоскости. Спектральные характеристики компонент. Применение поляризации для диагностики.

Тема 5: Ондюляторное излучение

Вопросы для обсуждения: Принцип генерации в периодическом магнитном поле. Параметры ондулятора. Спектр излучения. Сравнение с излучением изгибаемых магнитов. Роль ондуляторов в источниках третьего поколения.

Тема 6: Квантовые эффекты в синхротронном излучении

Вопросы для обсуждения: Квантовая теория излучения релятивистского электрона. Квантовые флуктуации и радиационное демпфирование. Спин-флип переходы. Квантовый предел классического описания.

Тема 7: Лазеры на свободных электронах

Вопросы для обсуждения: Физические принципы работы ЛСЭ. Процесс самоусиления спонтанного излучения. Условия когерентной генерации. Основные характеристики. Сравнение с синхротронными источниками.

Тема 8: Взаимодействие синхротронного излучения с веществом

Вопросы для обсуждения: Фотоэффект, комптоновское и когерентное рассеяние. Спектроскопия поглощения и EXAFS. Дифракция и рассеяние СИ. Применение для исследования структуры материалов.

Тема 9: Применение теории синхротронного излучения в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Использование в спектроскопии твёрдого тела, микроскопии и томографии. Применение в материаловедении, биологии и медицине. Проектирование экспериментальных станций и расчёт параметров пучка. Современные источники и перспективы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в теорию синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Классификация источников СИ. Оценка параметров излучения для типичных накопителей.

Тема 2: Классическая электродинамика релятивистских зарядов

Вопросы для обсуждения: Расчёт поля движущегося заряда.

Тема 3: Излучение релятивистской частицы в магнитном поле

Вопросы для обсуждения: Расчёт критической частоты и энергии фотона. Построение углового распределения. Расчёт полной мощности излучения.

Тема 4: Поляризационные свойства синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров Стокса для излучения под заданным углом к плоскости орбиты. Оценка степени линейной и круговой поляризации.

Тема 5: Ондуляторное излучение

Вопросы для обсуждения: Определение спектрального разрешения. Сравнение яркости ондуляторного и магнитотормозного излучения.

Тема 6: Квантовые эффекты в синхротронном излучении

Вопросы для обсуждения: Оценка радиационных поправок к энергии частицы. Расчёт флуктуаций энергии фотона.

Тема 7: Лазеры на свободных электронах

Вопросы для обсуждения: Расчёт условий усиления. Моделирование процесса SASE. Оценка когерентности и пиковой мощности.

Тема 8: Взаимодействие синхротронного излучения с веществом

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициентов поглощения. Моделирование спектров EXAFS. Интерпретация дифракционных картин.

Тема 9: Применение теории синхротронного излучения в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров экспериментальной станции (размер пятна, поток фотонов). Проектирование монохроматора. Оценка

разрешающей способности томографии.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: классическая электродинамика релятивистских зарядов, спектральные и угловые характеристики СИ, ондуляторное излучение, квантовые эффекты, принципы работы ЛСЭ, взаимодействие с веществом и применения.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт критической энергии, угловых распределений, параметра ондуляторности, спектральных гармоник, коэффициентов поглощения, моделирование процессов излучения и усиления, решение задач на поляризацию.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы всех разделов, формулы для спектрально-угловых распределений, методы расчёта мощности и спектра, принципы поляризации, квантовые поправки, устройство и параметры ондуляторов и ЛСЭ, применение в материаловедении и биомедицине.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в теорию синхротронного излучения	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Классическая электродинамика релятивистских зарядов	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Излучение релятивистской частицы в магнитном поле	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Поляризационные свойства синхротронного излучения	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Ондуляторное излучение	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Квантовые эффекты в синхротронном излучении	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Лазеры на свободных электронах	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Взаимодействие синхротронного излучения с веществом	ОПК-1, ПК-2	Тестирование
Применение теории синхротронного излучения в научноёмких технологиях	ОПК-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 задания тестовых заданий:

1. В каком году было теоретически предсказано синхротронное излучение?

- А) 1905
- Б) 1944
- В) 1964
- Г) 1927

2. Кто из учёных впервые предсказал существование синхротронного излучения?

- А) А. Эйнштейн
- Б) Д.Д. Иваненко и И.Я. Померанчук
- В) И.В. Курчатов
- Г) Р. Фейнман

3. В каком году синхротронное излучение было впервые экспериментально обнаружено?

- А) 1944
- Б) 1947
- В) 1955
- Г) 1963

4. Какой тип излучения возникает при движении релятивистского заряда в постоянном однородном магнитном поле по круговой или спиральной траектории?

- А) ондуляторное излучение
- Б) синхротронное излучение
- В) тормозное излучение
- Г) черенковское излучение

5. Какое из перечисленных свойств не относится к синхротронному излучению?

- А) широкий непрерывный спектр от ИК до рентгена
- Б) высокая степень поляризации
- В) малая угловая расходимость
- Г) монохроматичность

6. Что является основным источником синхротронного излучения в современных накопительных кольцах?

- А) изгибные магниты
- Б) сверхпроводящие резонаторы
- В) детекторы
- Г) ускоряющие секции

7. Какой параметр определяет критическую энергию фотона синхротронного излучения?

- А) энергия электрона и радиус кривизны траектории
- Б) только энергия электрона
- В) только магнитное поле
- Г) температура камеры

8. Что такое параметр ондуляторности K?

- А) безразмерный параметр, характеризующий отношение поля в ондуляторе к критическому полю
- Б) коэффициент усиления лазера на свободных электронах
- В) отношение энергии излучения к энергии пучка
- Г) число периодов ондулятора

9. Какое излучение генерируется в пространственно-периодическом магнитном поле?

- А) синхротронное излучение

- Б) ондуляторное излучение
- В) переходное излучение
- Г) вакуумное излучение

10. Какое из утверждений о лазере на свободных электронах (ЛСЭ) верно?

- А) он работает на основе вынужденного излучения от связанных атомов
- Б) в нём используется пучок релятивистских электронов, взаимодействующих с электромагнитной волной в ондуляторе
- В) он генерирует только некогерентное излучение
- Г) он не требует ускорителя

11. Какова зависимость полной мощности синхротронного излучения от энергии частицы (в ультрарелятивистском пределе)?

- А) пропорциональна E^2
- Б) пропорциональна E^4
- В) пропорциональна E
- Г) пропорциональна E^6

12. Какой эффект приводит к релятивистскому сужению диаграммы направленности синхротронного излучения?

- А) эффект Доплера
- Б) эффект Швингера
- В) эффект Парселла
- Г) эффект Мёссбауэра

13. Какое из применений синхротронного излучения является наиболее распространённым в материаловедении?

- А) нагрев образцов
- Б) рентгеновская дифракция и спектроскопия для определения структуры и состава материалов
- В) создание голографических изображений
- Г) лазерная резка

14. Что такое SASE (Self-Amplified Spontaneous Emission) в контексте лазеров на свободных электронах?

- А) режим работы ЛСЭ, в котором спонтанное излучение усиливается самим пучком при прохождении через длинный ондулятор
- Б) метод синхронизации импульсов
- В) способ охлаждения пучка
- Г) тип детектора

15. В каком диапазоне длин волн работает большинство современных синхротронных источников третьего поколения?

- А) от инфракрасного до жёсткого рентгеновского (доли нм – десятки нм)
- Б) только видимый и УФ
- В) только гамма-диапазон
- Г) только миллиметровые волны

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение синхротронного излучения. Перечислите его основные физические свойства (спектральный диапазон, поляризация, угловая расходимость, импульсный характер).
2. Когда и кем было теоретически предсказано и впервые экспериментально обнаружено синхротронное излучение?
3. Запишите релятивистское обобщение формулы Лармора для полной мощности излучения ультрарелятивистской частицы. Как мощность зависит от энергии частицы?

4. Опишите движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Каковы траектория и потери энергии на синхротронное излучение?
5. Объясните эффект релятивистского сужения диаграммы направленности синхротронного излучения. Как характерный угол излучения зависит от энергии частицы?
6. Что такое критическая частота и критическая энергия фотона синхротронного излучения? От каких параметров они зависят?
7. Запишите формулы Швингера для спектрально-углового распределения синхротронного излучения. Какие предельные случаи из них следуют?
8. Опишите поляризационные свойства синхротронного излучения в плоскости орбиты и вне её. Как поляризация меняется с углом наблюдения?
9. Что такое ондуляторное излучение? В чём его принципиальное отличие от синхротронного излучения изгибных магнитов?
10. Что такое параметр ондуляторности K ? Как он влияет на спектр излучения (число гармоник, их интенсивность)?
11. Каковы основные характеристики ондуляторов и вигглеров? Сравните их по спектральным и поляризационным свойствам.
12. В чём суть квантовых эффектов в синхротронном излучении? Опишите радиационное демпфирование и квантовое возбуждение пучка.
13. Что такое лазер на свободных электронах? Опишите физический принцип его работы, включая процесс SASE (самоусиление спонтанного излучения).
14. Каковы основные преимущества и ограничения ЛСЭ по сравнению с традиционными синхротронными источниками?
15. Опишите основные механизмы взаимодействия синхротронного излучения с веществом (фотоэффект, комптоновское рассеяние, когерентное рассеяние). Как они проявляются в различных энергетических диапазонах?
16. Что такое EXAFS-спектроскопия и как она используется для определения локальной атомной структуры материалов?
17. Какие методы рентгеновской микроскопии и томографии используют синхротронное излучение? Каково их пространственное разрешение?
18. Как синхротронное излучение применяется в материаловедении, биологии и медицине? Приведите конкретные примеры.
19. Опишите принципы проектирования экспериментальной станции на канале синхротронного излучения: какие оптические элементы (монокроматоры, зеркала, фокусирующие системы) используются и как рассчитываются их параметры?
20. Каковы современные тенденции развития синхротронных источников (источники третьего и четвёртого поколений, дифракционно-ограниченные источники) и перспективные направления использования синхротронного излучения в наукоёмких технологиях?

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	зачтено	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 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
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. Фетисов, Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ: учебное пособие для вузов / Г. В. Фетисов; под редакцией Л. А. Асланова. — Москва: Физматлит, 2007. — 672 с. — ISBN 978-5-9221-0805-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2152

Дополнительная литература:

1. Теория излучения релятивистских частиц: учебное пособие. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59303>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровая голография»

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. Наименование дисциплины *«Цифровая голография»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Цифровая голография».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области физических основ, методов цифровой регистрации, численной реконструкции и обработки голографической информации, а также применения цифровой голографии для решения фундаментальных и прикладных задач в наукоёмких технологиях, включая интерферометрию, микроскопию, трёхмерную визуализацию и неразрушающий контроль.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен 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 математические модели, лежащие в основе регистрации, реконструкции и обработки голографической информации, включая волновую оптику, дифракцию и интерференцию, а также современные технологические подходы к созданию голографических систем, выбору оптических материалов и элементной базы для решения инженерных задач. Уметь: выбирать и обосновывать оптимальные схемы и материалы для проектирования цифровых голографических устройств, рассчитывать и моделировать ключевые параметры, разрабатывать концепцию проекта с оценкой технической реализуемости, рисков и потенциальной коммерческой ценности, а также анализировать вопросы надёжности, диагностики и особенности испытаний разрабатываемых систем. Владеть: навыками проектирования цифровых голографических установок и обработки голографических данных, методами компьютерного моделирования распространения и дифракции света, приёмами количественной интерпретации результатов, а также способами

		подготовки технической документации и обоснования инженерных решений для внедрения в высокотехнологичные индустрии

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Цифровая голография*» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в цифровую голографию	Предмет, задачи и место цифровой голографии в современной физике и наукоёмких технологиях. История развития голографии. Эволюция методов формирования изображений. Основные этапы голографического процесса и их осуществление в цифровой форме. Области цифровой голографии: запись, воспроизведение и цифровой синтез голограмм.
2	Волновая оптика и дифракция	Скалярная теория дифракции.

		Принцип Преобразование Фурье в оптике. Передаточные функции свободного пространства. Угловой спектр плоских волн. Численные методы расчёта дифракции: метод прямого интегрирования, метод быстрого преобразования Фурье, метод углового спектра. Вопросы дискретизации и ограничения численных методов.
3	Физические основы голографии	Принципы голографической записи и восстановления волнового фронта. Интерференция когерентных волн. Опорная и предметная волны. Запись интерференционной картины. Восстановление объектной волны. Пространственно-частотный анализ голограмм. Классификация голограмм: по типу записи, по геометрии. Требования к когерентности источника и разрешению регистрирующей среды.
4	Цифровая запись и реконструкция голограмм	Принципы цифровой голографии: замена фотопластинки на цифровую камеру. Цифровая запись голограммы. Численное восстановление амплитуды и фазы объектной волны. Методы численной реконструкции: метод Френеля, метод углового спектра, метод свертки. Осевая (in-line) и внеосевая (off-axis) схемы записи. Фурье-голография. Восстановление изображения объекта.
5	Математические методы цифровой голографии	Математическое описание волнового фронта в плоскости регистрации. Формула Рэлея-Зоммерфельда. Приближение Френеля. Приближение Фраунгофера. Применение быстрого преобразования Фурье для расчёта дифракции. Алгоритмы восстановления амплитуды и фазы. Методы цифровой фильтрации для подавления нулевого порядка и сопряжённого изображения во внеосевой голографии. Алгоритм синтеза голограмм сложных объектов. Моделирование голографического процесса на ЭВМ.
6	Цифровая голографическая интерферометрия	Принципы голографической интерферометрии. Метод двойной

		экспозиции. Метод реального времени. Метод усреднения по времени. Измерение деформаций, вибраций и перемещений. Получение количественных данных о фазе объектного поля. Визуализация динамических процессов. Обработка интерферограмм. Применение для неразрушающего контроля и диагностики.
7	Цифровая голографическая микроскопия	Принципы и методы цифровой голографической микроскопии. Количественная фазовая визуализация. Преимущества безлинзовой микроскопии. Пространственное разрешение и глубина резкости. Мультиспектральная цифровая голографическая микроскопия. Применение для анализа биологических образцов и поверхностей. Исследование микроэлектромеханических систем.
8	Специальные методы цифровой голографии	Цветная (многоволновая) цифровая голография. Получение цветных изображений объектов. Цифровая голография с записью световых импульсов. Голографическая эндоскопия. Сравнительная голография. Криптографические приложения. Голографическая интерферометрия в инфракрасном диапазоне. Применение пространственных модуляторов света.
9	Применение цифровой голографии в наукоёмких технологиях	Неразрушающий контроль и промышленная инспекция. Биомедицинская диагностика и визуализация. Исследование микроэлектромеханических систем. Трёхмерная визуализация и голографические дисплеи. Голографическое телевидение и виртуальная реальность. Оптическая когерентная томография. Современные тенденции. Технические средства и перспективы развития цифровой голографии.

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 цифровую голографию

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины, история развития голографии. Основные этапы голографического процесса и их цифровая реализация. Области применения цифровой голографии.

Тема 2: Волновая оптика и дифракция

Вопросы для обсуждения: Передаточные функции свободного пространства. Численные методы расчёта дифракции.

Тема 3: Физические основы голографии

Вопросы для обсуждения: Принципы записи и восстановления волнового фронта. Интерференция опорной и предметной волн. Пространственно-частотный анализ. Классификация голограмм. Требования к когерентности и разрешению.

Тема 4: Цифровая запись и реконструкция голограмм

Вопросы для обсуждения: Замена фотопластинки на цифровую камеру. Численное восстановление амплитуды и фазы. Методы реконструкции: Френеля, углового спектра, свертки. Осевая и внеосевая схемы. Фурье-голография.

Тема 5: Математические методы цифровой голографии

Вопросы для обсуждения: Алгоритмы восстановления фазы. Цифровая фильтрация. Синтез голограмм.

Тема 6: Цифровая голографическая интерферометрия

Вопросы для обсуждения: Принципы голографической интерферометрии. Методы двойной экспозиции, реального времени, усреднения по времени. Измерение деформаций, вибраций и перемещений. Количественный фазовый анализ.

Тема 7: Цифровая голографическая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Принципы и методы количественной фазовой визуализации. Безлинзовая микроскопия. Пространственное разрешение и глубина резкости. Мультиспектральная микроскопия. Применение для биологических образцов.

Тема 8: Специальные методы цифровой голографии

Вопросы для обсуждения: Цветная (многоволновая) голография. Голография с записью световых импульсов. Голографическая эндоскопия. Сравнительная голография. Криптографические приложения. Применение пространственных модуляторов света.

Тема 9: Применение цифровой голографии в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Неразрушающий контроль и промышленная инспекция. Биомедицинская диагностика. Трёхмерная визуализация и дисплеи. Голографическое телевидение и виртуальная реальность. Оптическая когерентная томография.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в цифровую голографию

Вопросы для обсуждения: Определение основных параметров голографической схемы. Оценка требований к источникам и регистрирующим устройствам.

Тема 2: Волновая оптика и дифракция

Вопросы для обсуждения: Применение БПФ для численного моделирования дифракции. Оценка пространственного разрешения.

Тема 3: Физические основы голографии

Вопросы для обсуждения: Расчёт интерференционной картины для заданных опорной и предметной волн. Определение пространственной частоты голограммы. Выбор параметров записи.

Тема 4: Цифровая запись и реконструкция голограмм

Вопросы для обсуждения: Программная реализация алгоритмов восстановления. Обработка цифровых голограмм, фильтрация нулевого порядка и сопряжённого изображения.

Тема 5: Математические методы цифровой голографии

Вопросы для обсуждения: Реализация алгоритмов восстановления фазы. Применение методов цифровой фильтрации. Синтез голограмм простых объектов.

Тема 6: Цифровая голографическая интерферометрия

Вопросы для обсуждения: Обработка интерферограмм, получение карт фазовых сдвигов. Расчёт деформаций по фазовым картам.

Тема 7: Цифровая голографическая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Настройка голографической микроскопической схемы. Получение количественных фазовых изображений. Анализ биологических образцов.

Тема 8: Специальные методы цифровой голографии

Вопросы для обсуждения: Реализация многоволновой голографии. Моделирование голографического шифрования. Применение пространственных модуляторов.

Тема 9: Применение цифровой голографии в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Моделирование систем неразрушающего контроля. Анализ данных оптической когерентной томографии. Разработка концепции голографического дисплея.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: волновая оптика и дифракция, принципы голографии и интерферометрии, методы цифровой реконструкции, математические алгоритмы, специальные методы и их применения.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт дифракционных картин, программная реализация алгоритмов восстановления, обработка голографических данных, моделирование интерферометрических измерений, синтез голограмм, анализ микроскопических изображений.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы всех разделов, математические методы, сравнение методов реконструкции, принципы интерферометрии и микроскопии, области применения в наукоёмких технологиях, современные тенденции.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой

образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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	Индекс контроли-	Оценочные средства по

(темы) дисциплины	руемой компетенции (или ее части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в цифровую голографию	ПК-2	Тестирование
Волновая оптика и дифракция	ПК-2	Тестирование
Физические основы голографии	ПК-2	Тестирование
Цифровая запись и реконструкция голограмм	ПК-2	Тестирование
Математические методы цифровой голографии	ПК-2	Тестирование
Цифровая голографическая интерферометрия	ПК-2	Тестирование
Цифровая голографическая микроскопия	ПК-2	Тестирование
Специальные методы цифровой голографии	ПК-2	Тестирование
Применение цифровой голографии в наукоёмких технологиях		

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 тестовых заданий:

Тест по теме «Волновая оптика и дифракция»:

1. Какой принцип лежит в основе скалярной теории дифракции?

- А) принцип суперпозиции
- Б) принцип Гюйгенса-Френеля
- В) принцип Ферма
- Г) принцип Гюйгенса

2. Какое приближение используется в дифракции Френеля?

- А) приближение параксиальных лучей и квадратичная аппроксимация сферической волны
- Б) приближение, при котором расстояние до экрана значительно больше, чем размеры отверстия, но без квадратичного члена
- В) приближение геометрической оптики
- Г) приближение тонкой линзы

3. Какое интегральное преобразование является математической основой дифракции Фраунгофера?

- А) преобразование Фурье
- Б) преобразование Лапласа
- В) преобразование Гильберта
- Г) вейвлет-преобразование

4. Что описывает передаточная функция свободного пространства в частотной области?

- А) связь между пространственным спектром поля в двух плоскостях, разделённых расстоянием z
- Б) связь между амплитудами и фазами волны

- В) функцию рассеяния точки
- Г) импульсную характеристику среды

5. Какое из утверждений о дифракции Фраунгофера верно?

- А) она наблюдается на больших расстояниях от объекта, когда волновой фронт можно считать плоским
- Б) она наблюдается в ближней зоне
- В) она не зависит от длины волны
- Г) она описывается интегралом Френеля

6. Какая формула описывает распределение поля в дифракции Френеля?

- А) интеграл Фраунгофера
- Б) интеграл Френеля (интеграл Кирхгофа-Френеля в квадратичном приближении)
- В) формула Рэлея-Зоммерфельда без приближений
- Г) формула Кирхгофа для бесконечной плоскости

7. Какой численный метод расчёта дифракции использует быстрое преобразование Фурье (БПФ)?

- А) метод прямого интегрирования
- Б) метод углового спектра
- В) метод конечных элементов
- Г) метод Монте-Карло

8. Что такое угловой спектр плоских волн?

- А) разложение произвольного волнового поля на плоские волны, распространяющиеся под разными углами
- Б) спектр частот во времени
- В) распределение интенсивности по углам
- Г) преобразование Фурье по пространственным координатам, дающее амплитуды плоских волн

9. Какое условие необходимо для применимости приближения Фраунгофера?

- А) расстояние $z \gg (k a^2)/2$, где a – размер объекта
- Б) расстояние $z \ll (k a^2)/2$
- В) расстояние $z \approx (k a^2)/2$
- Г) расстояние z не важно

10. Какой из методов численного расчёта дифракции является наиболее точным для малых расстояний (ближняя зона)?

- А) метод углового спектра (при правильной дискретизации)
- Б) метод Френеля с одним БПФ
- В) метод Фраунгофера
- Г) метод геометрической оптики

11. Что такое импульсная характеристика свободного пространства в приближении Френеля?

- А) экспоненциальная функция с квадратичным фазовым множителем
- Б) функция Бесселя
- В) функция sinc
- Г) дельта-функция

12. Какое преобразование используется для вычисления дифракции методом углового спектра?

- А) сначала БПФ по пространству, затем умножение на передаточную функцию, затем обратное БПФ
- Б) прямое интегрирование по поверхности
- В) применение оператора свертки
- Г) использование лучевого подхода

13. Какое из утверждений о пространственной частоте в оптике верно?

- А) это частота колебаний световой волны во времени

Б) это величина, обратная периоду пространственного распределения поля (в единицах $1/m$)

В) это частота модуляции интенсивности

Г) это частота, определяемая длиной волны

14. Что происходит с угловым спектром при распространении волны на расстояние z в свободном пространстве?

А) каждая плоская волна приобретает фазовый множитель $\exp(i k_z z)$, где $k_z = \sqrt{k^2 - k_x^2 - k_y^2}$

Б) амплитуда каждой плоской волны умножается на экспоненциально затухающий множитель

В) спектр не изменяется

Г) спектр сдвигается по частоте

15. Какое ограничение накладывает дискретизация при численном расчёте дифракции методом БПФ?

А) необходимо соблюдать критерий Найквиста для пространственных частот, чтобы избежать эффекта наложения спектров (aliasing)

Б) количество точек должно быть степенью числа 3

В) шаг дискретизации должен быть больше длины волны

Г) ограничений нет

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение цифровой голографии. Каковы её предмет, задачи и место в современной физике и наукоёмких технологиях?
2. Опишите эволюцию методов формирования изображений: прямое формирование, голографическая визуализация, вычислительная визуализация, цифровая голография.
3. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля и запишите интеграл Кирхгофа-Френеля для скалярной дифракции.
4. В чём отличие дифракции Френеля от дифракции Фраунгофера? Запишите условия применимости каждого приближения.
5. Что такое передаточная функция свободного пространства в частотной области? Как она используется в методе углового спектра?
6. Опишите физические основы голографии: принципы записи и восстановления волнового фронта, роль опорной и предметной волн, пространственно-частотный анализ голограмм.
7. Какие типы голограмм существуют (по типу записи, по геометрии)? В чём отличие осевых и внеосевых голограмм?
8. Как осуществляется цифровая запись голограмм и численное восстановление амплитуды и фазы объектной волны? Опишите методы реконструкции (Френеля, углового спектра, свертки).
9. Запишите формулу Рэлея-Зоммерфельда, приближение Френеля и приближение Фраунгофера. Как эти формулы применяются в численных алгоритмах?
10. Как используется быстрое преобразование Фурье для вычисления дифракции? Опишите алгоритм метода углового спектра и метода Френеля с одним БПФ.
11. Какие методы цифровой фильтрации применяются для подавления нулевого порядка и сопряжённого изображения во внеосевой цифровой голографии?
12. Что такое алгоритм восстановления фазы? Для каких задач он применяется и какие существуют подходы (например, итерационные методы)?
13. Опишите принципы голографической интерферометрии. Что такое методы двойной экспозиции, реального времени и усреднения по времени?
14. Как с помощью голографической интерферометрии измеряются деформации, вибрации и перемещения объектов?

15. Каковы принципы цифровой голографической микроскопии? В чём преимущества безлинзовой микроскопии и количественной фазовой визуализации?
16. Что такое мультиспектральная (цветная) цифровая голография и для каких задач она применяется?
17. Опишите метод голографической записи световых импульсов (light-in-flight holography). Каковы его области применения?
18. В чём суть сравнительной голографии и голографической эндоскопии? Приведите примеры использования.
19. Как цифровая голография используется в неразрушающем контроле, биомедицинской диагностике и трёхмерной визуализации?
20. Каковы современные тенденции развития цифровой голографии (применение глубокого обучения, голографические дисплеи, оптическая когерентная томография)?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

1. Гужов, В. И. Цифровая голография. Математические методы: учебное пособие / В. И. Гужов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 80 с. — ISBN 978-5-8114-3410-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206168>

Дополнительная литература

1. Рогов, С. А. Теория и практика голографии: учебное пособие / С. А. Рогов, С. В. Розов. — Санкт-Петербург: СПбГУТ им. М. А. Бонч-Бруевича, 2022. — 83 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/279329>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы рентгеновской оптики»

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. Наименование дисциплины «*Основы рентгеновской оптики*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Основы рентгеновской оптики».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области физических принципов генерации, распространения, управления и регистрации рентгеновского излучения, а также методов его применения для решения фундаментальных и прикладных задач в наукоёмких технологиях, включая структурный анализ, материаловедение, биомедицинскую диагностику и исследования на синхротронных источниках.

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 модели, описывающие генерацию, распространение и взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, включая законы поглощения, рассеяния, отражения и дифракции, а также принципы работы источников и оптических элементов, что позволяет использовать эти знания для решения профессиональных задач. Уметь: применять физико-математический аппарат для расчёта параметров рентгенооптических систем, интерпретировать экспериментальные спектральные и дифракционные данные, а также оперативно осуществлять поиск, критический анализ и целенаправленный подбор специализированной информации из области рентгеновской оптики для обоснования выбора методов и схем в конкретных исследовательских и прикладных задачах. Владеть: методами расчёта характеристик рентгенооптических элементов и систем с использованием физико-математических моделей, навыками работы с программным обеспечением для моделирования распространения рентгеновского

		излучения и обработки спектроскопических данных, а также способами работы с научной литературой, базами данных и справочными материалами по рентгеновской оптике для эффективного решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.
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 законы и математические модели, лежащие в основе генерации, распространения и взаимодействия рентгеновского излучения с веществом, а также методы теоретического и экспериментального исследования рентгенооптических систем, включая подходы к расчёту их параметров и характеристик. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы физики для организации и проведения научных исследований в области рентгеновской оптики, выбирать и обосновывать оптимальные схемы и элементы для решения конкретных исследовательских задач, обрабатывать и интерпретировать спектральные, дифракционные и микроскопические данные, а также прогнозировать возможности использования рентгенооптических методов и подходов для решения междисциплинарных задач в материаловедении, биомедицине, нанотехнологиях и смежных областях. Владеть: навыками планирования, подготовки и проведения рентгенооптических экспериментов с использованием современных источников излучения, методами расчёта и компьютерного моделирования характеристик рентгенооптических элементов и систем, приёмами

		количественного анализа экспериментальных данных, а также способами интеграции рентгенооптических методов в комплексные междисциплинарные исследования.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы рентгеновской оптики» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Природа рентгеновского излучения и его источники	Предмет, задачи и место рентгеновской оптики в современной физике и наукоёмких технологиях. История открытия рентгеновского излучения. Спектр рентгеновского диапазона. Тормозное и характеристическое излучение. Современные источники.
2	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	Фундаментальные механизмы взаимодействия: фотоэффект,

		комптоновское рассеяние, когерентное рассеяние, образование пар. Показатель преломления рентгеновского излучения. Законы ослабления и поглощения. Коэффициенты поглощения и их зависимость от энергии фотонов и атомного номера вещества. Особенности взаимодействия на границе раздела сред.
3	Принципы рентгеновской оптики и отражение	Полное внешнее отражение при скользких углах падения. Критические углы и их зависимость от энергии и материала. Отражение от многослойных зеркал. Коэффициент отражения и пропускания. Рентгеновские зеркала: однослойные и многослойные, их применение для фокусировки и монохроматизации.
4	Элементы рентгеновской оптики	Рентгеновские линзы: дифракционные и преломляющие. Оптимальный профиль линзы, коэффициент пропускания и выбор материалов. Планарные профили преломляющей оптики. Кристаллы-монокроматоры. Многослойные периодические структуры как искусственные кристаллы. Капиллярная оптика и поликапиллярные линзы.
5	Фокусировка и формирование изображения	Методы фокусировки рентгеновских пучков. Набор линз как «толстая» линза, основное уравнение и дифференциальный метод. Фокусирующая оптика на основе капилляров. Пространственное разрешение и эффективность фокусировки. Рентгеновская микроскопия: принципы формирования изображения, контраст, проекционная и scanning-микроскопия. Рентгеновская голография.
6	Спектроскопия и применение рентгеновской оптики	Методы спектральной фильтрации и разложения в спектр. Рентгеновская спектроскопия. Применение в материаловедении: рентгеноструктурный анализ, рентгеновская дифрактометрия, рентгенофлуоресцентный анализ. Использование в биологии и

		медицине. Применение на синхротронных источниках. Перспективы развития: когерентная рентгеновская оптика, рентгеновская оптика для свободных электронных лазеров, attosecond рентгеновская физика

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. Природа рентгеновского излучения и его источники

Вопросы для обсуждения: Спектр рентгеновского диапазона. Тормозное и характеристическое излучение. Рентгеновские трубки, синхротронное излучение, рентгеновские лазеры на свободных электронах.

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

Вопросы для обсуждения: Фотоэффект, комптоновское и когерентное рассеяние. Показатель преломления рентгеновского излучения. Законы ослабления и поглощения. Коэффициенты поглощения и их зависимости.

Тема 3: Принципы рентгеновской оптики и отражение

Вопросы для обсуждения: Полное внешнее отражение и критический угол. Отражение от многослойных зеркал и брэгговское отражение. Коэффициент отражения и пропускания.

Тема 4: Элементы рентгеновской оптики

Вопросы для обсуждения: Составные преломляющие линзы. Кристаллы-монокроматоры и двухкристальные схемы. Капиллярная и поликапиллярная оптика.

Тема 5: Фокусировка и формирование изображения

Вопросы для обсуждения: Капиллярная фокусировка. Дифракционные линзы. Пространственное разрешение. Рентгеновская микроскопия и голография.

Тема 6: Спектроскопия и применение рентгеновской оптики

Вопросы для обсуждения: Рентгеноструктурный анализ и дифрактометрия. Рентгенофлуоресцентный анализ.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Природа рентгеновского излучения и его источники

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии фотонов и длины волны.

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициентов поглощения и ослабления для заданных материалов и энергий. Оценка глубины проникновения.

Тема 3: Принципы рентгеновской оптики и отражение

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического угла полного внешнего отражения. Расчёт коэффициента отражения от многослойных структур.

Тема 4: Элементы рентгеновской оптики

Вопросы для обсуждения: Расчёт фокусного расстояния зонной пластинки и составной линзы.

Тема 5: Фокусировка и формирование изображения

Вопросы для обсуждения: Расчёт размера фокального пятна и глубины фокуса.

Моделирование фокусировки зеркал и капилляров.

Тема 6: Спектроскопия и применение рентгеновской оптики

Вопросы для обсуждения: Обработка дифракционных картин и спектров.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: природа рентгеновского излучения и его источники, механизмы взаимодействия с веществом, принципы отражения и преломления, основные оптические элементы, методы фокусировки и спектроскопии, области применения.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт критических углов, коэффициентов отражения и поглощения, параметров зонных пластинок и линз, брэгговских углов, фокусных расстояний, обработка спектральных и дифракционных данных.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы всех разделов, методы расчёта характеристик рентгенооптических элементов, сравнительный анализ различных подходов к фокусировке и монохроматизации, применение рентгеновской оптики в наукоёмких технологиях.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Природа рентгеновского излучения и его источники	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Принципы рентгеновской оптики и отражение	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Элементы рентгеновской оптики	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Фокусировка и формирование изображения	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Спектроскопия и применение рентгеновской оптики	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Природа рентгеновского излучения и его источники»:

1. Какой спектральный диапазон соответствует мягкому рентгеновскому излучению?

- А) 0,1–1 нм
- Б) 1–10 нм
- В) 10–100 нм
- Г) 100–1000 нм

2. Какой физический процесс лежит в основе генерации тормозного рентгеновского излучения?

- А) переход электрона между внутренними оболочками атома
- Б) торможение быстрых электронов в кулоновском поле ядер атомов мишени
- В) аннигиляция электрона и позитрона
- Г) эффект Комптона

3. Характеристическое рентгеновское излучение возникает при:

- А) торможении электронов в веществе
- Б) переходе атомных электронов с внешних оболочек на вакантные места во внутренних оболочках
- В) рассеянии фотонов на свободных электронах
- Г) взаимодействии фотонов с ядрами

4. Какой закон связывает частоту характеристического излучения с атомным номером элемента (закон Мозли)?

- А) $\nu \sim Z$
- Б) $\nu \sim Z^2$
- В) $\nu \sim \sqrt{Z}$
- Г) $\nu \sim 1/Z$

5. Какое из перечисленных устройств является классическим лабораторным источником рентгеновского излучения?

- А) рентгеновская трубка
- Б) лазер на свободных электронах
- В) синхротрон
- Г) рентгеновский микроскоп

6. В рентгеновской трубке для получения характеристического излучения необходимо, чтобы:

- А) энергия электронов превышала потенциал ионизации соответствующей оболочки атома мишени
- Б) энергия электронов была меньше работы выхода материала анода
- В) температура анода была выше температуры катода
- Г) давление газа в трубке было атмосферным

7. Какое излучение даёт непрерывный спектр в рентгеновской трубке?

- А) характеристическое
- Б) тормозное
- В) синхротронное
- Г) лазерное

8. Синхротронное излучение генерируется:

- А) при торможении электронов в твёрдом теле
- Б) при движении релятивистских заряженных частиц по криволинейным траекториям в магнитном поле
- В) при переходе электронов между атомными уровнями
- Г) при фотоэффекте

9. Какое свойство синхротронного излучения делает его особенно ценным для научных исследований?

- А) монохроматичность
- Б) широкий непрерывный спектр (от ИК до жёсткого рентгена), высокая интенсивность, малая угловая расходимость и импульсный характер
- В) отсутствие поляризации
- Г) низкая интенсивность

10. Что такое рентгеновский лазер на свободных электронах (XFEL)?

- А) лазер, использующий газовую смесь в качестве активной среды
- Б) устройство, в котором пучок релятивистских электронов, проходя через ондулятор, генерирует когерентное рентгеновское излучение за счёт процесса самоусиления спонтанного излучения
- В) лазер, использующий кристалл для генерации рентгеновских лучей
- Г) лазер, работающий на переходах между ядерными уровнями

11. Каков типичный спектральный диапазон синхротронного излучения современных источников третьего поколения?

- А) только видимый свет
- Б) от инфракрасного до жёсткого рентгеновского (энергии до десятков кэВ)
- В) только ультрафиолет
- Г) только гамма-диапазон

12. Какой механизм преобладает при генерации характеристического излучения в рентгеновской трубке при использовании тяжёлых анодов (например, вольфрам)?

- А) тормозное излучение
- Б) переходы между внутренними оболочками (K, L, M)
- В) рассеяние электронов на ядрах
- Г) черенковское излучение

13. Какое из утверждений о рентгеновских лазерах на свободных электронах верно?

- А) они генерируют некогерентное излучение
- Б) они обеспечивают сверхкороткие (фемтосекундные) импульсы с высокой пиковой мощностью и когерентностью
- В) они работают только в мягком рентгеновском диапазоне
- Г) они не требуют ускорителей частиц

14. Что такое ондулятор в синхротронном источнике?

- А) устройство для фокусировки электронного пучка
- Б) периодическая магнитная структура, заставляющая электроны совершать колебания и генерировать излучение с узким спектральным диапазоном
- В) устройство для охлаждения пучка
- Г) детектор излучения

15. Какой из перечисленных источников обеспечивает наиболее высокую яркость и когерентность в жёстком рентгеновском диапазоне в настоящее время?

- А) рентгеновская трубка с вращающимся анодом
- Б) синхротронное излучение третьего поколения
- В) рентгеновский лазер на свободных электронах (XFEL)
- Г) компактный рентгеновский лазер на квантовых точках

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение рентгеновской оптики. Каковы её предмет, задачи и место в современной физике и наукоёмких технологиях?

2. Опишите спектр рентгеновского диапазона. В чём отличие мягкого рентгеновского излучения от жёсткого?
3. Каковы физические механизмы генерации тормозного и характеристического рентгеновского излучения? В чём их принципиальное различие?
4. Опишите устройство и принцип работы рентгеновской трубки. Какова роль анода и катода? Что такое вращающийся анод и для чего он применяется?
5. Сформулируйте закон Мозли. Как он связывает частоту характеристического излучения с атомным номером элемента и для каких целей используется?
6. Что такое синхротронное излучение? Каковы его основные свойства (спектральный диапазон, интенсивность, поляризация, угловая расходимость, импульсный характер)?
7. Опишите устройство и принцип работы ондулятора и вигглера в синхротронных источниках. В чём их различие?
8. Что такое рентгеновский лазер на свободных электронах (XFEL)? Каковы его основные характеристики и преимущества перед другими источниками?
9. Перечислите основные механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. В каких энергетических диапазонах каждый из них преобладает?
10. Чем отличается показатель преломления рентгеновского излучения от показателя преломления в видимом диапазоне? Почему он меньше единицы?
11. Что такое полное внешнее отражение рентгеновского излучения? От каких параметров зависит критический угол полного внешнего отражения?
12. Опишите принципы отражения рентгеновского излучения от многослойных зеркал. Что такое брэгговское отражение и как оно используется?
13. Какие типы рентгеновских линз существуют? Опишите принцип работы дифракционных зонных пластинок Френеля и составных преломляющих линз.
14. Что такое кристаллы-монокроматоры? Опишите двухкристальную схему монокроматизации и её применение.
15. Каковы принципы работы капиллярной и поликапиллярной оптики? Для каких целей они применяются?
16. Опишите методы фокусировки рентгеновских пучков. Что такое зеркала Киркпатрика-Бэза и как они работают?
17. Каковы принципы формирования изображения в рентгеновской микроскопии? Чем проекционная микроскопия отличается от scanning-микроскопии?
18. Что такое рентгеновская спектроскопия? В чём отличие энергодисперсионной спектроскопии от wavelength-dispersive?
19. Какие методы рентгеновского анализа используются в материаловедении (рентгеноструктурный анализ, рентгеновская дифрактометрия, рентгенофлуоресцентный анализ)? Какую информацию они дают?
20. Опишите области применения рентгеновской оптики в биологии, медицине и на синхротронных источниках. Каковы перспективы развития рентгеновской оптики (когерентная оптика, attosecond физика)?

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. Стожаров, В. М. Физика рентгеновского излучения: учебное пособие для вузов / В. М. Стожаров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 100 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-507-47076-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/324422#1>

Дополнительная литература:

1. Пивоваров, С. С. Физические основы теории оптической и рентгеновской спектроскопии: учебное пособие / С. С. Пивоваров. — Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2017. — Текст: электронный // Знаниум: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=302312>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы нанофотоники»

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. Наименование дисциплины «*Основы нанофотоники*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Основы нанофотоники».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области нанофотоники, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач в сфере наукоёмких технологий, с учётом специфических эффектов размерного квантования, плазмонных и субволновых явлений, управления светом на наномасштабе, а также возможностей создания и диагностики нанофотонных структур для разработки новых типов оптических приборов и систем.

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 модели, описывающие взаимодействие света с наноструктурами, методы расчёта оптических свойств нанобъектов и принципы работы нанофотонных приборов. Уметь: применять физико-математические знания для решения фундаментальных и прикладных задач нанофотоники, включая оценку параметров плазмонного резонанса, расчёт зонных диаграмм фотонных кристаллов и характеристик микрорезонаторов. Владеть: методами расчёта оптических характеристик нанобъектов с использованием соответствующего программного обеспечения, навыками интерпретации спектроскопических и микроскопических данных, а также способами работы с научной литературой и базами данных для выбора оптимальных технологических подходов при проектировании и исследовании нанофотонных устройств.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в нанофотонику	Предмет, задачи и место нанофотоники в современной физике и наукоёмких технологиях. Ключевые понятия и определения. Базовые положения классической электродинамики и квантовой теории. Элементы волновой оптики: монохроматические волны, интерференция, дифракция, отражение и преломление. Уравнения Максвелла в среде, материальные уравнения.
2	Фундаментальные явления и оптические свойства нанообъектов	Ближнее оптическое поле и эванесцентные волны. Размерное квантование и его влияние на оптические свойства. Эффект Парселла. Поверхностный и локализованный плазмонный резонанс. Оптические свойства нанообъектов.
3	Фотонные кристаллы и метаматериалы	Принцип возникновения запрещённой зоны в фотонных

		кристаллах. Классификация фотонных кристаллов по размерности. Дисперсионные диаграммы. Методы изготовления фотонных кристаллов. Дефекты в фотонных кристаллах. Фотонно-кристаллические волокна. Метаматериалы: классификация сред в зависимости от знака диэлектрической и магнитной проницаемости. Электродинамика сред с отрицательными диэлектрической и магнитной проницаемостями. Метаповерхности и их применение.
4	Микрорезонаторы и плазмонные структуры	Оптические резонаторы и микрополости. Применение микрорезонаторов. Наноплазмоника. Плазмонные волны и плазмонные наноструктуры. Применение плазмоники.
5	Технологии создания и диагностики нанофотонных структур	Основные технологические методы создания структур нанофотоники. Чистые помещения. Химическая подготовка образцов. Литография. Напыление металлов, травление, осаждение диэлектриков. Эпитаксия. Оксидирование. Методы характеристики структур. Экспериментальные методы диагностики нанообъектов.
6	Методы исследования и спектроскопия	Принципы методов современной оптической микроскопии сверхвысокого пространственного разрешения. Оптическая микроскопия в ближнем и дальнем поле. Основы спектроскопии одиночных молекул при низких и высоких температурах. Методы оптической спектроскопии, микроскопии и лазерной оптики.
7	Приборы и применение нанофотоники	Полупроводниковые и сверхпроводниковые источники и детекторы электромагнитного излучения. Светодиоды на основе полупроводниковых гетероструктур. Твердотельные и органические лазеры. Наноантенны. Полупроводниковые лазеры на основе квантовых гетероструктур. Основы интегральной оптики. Планарные волноводы. Применение

		нанопотоники в оптоэлектронике, биосенсорике и квантовых 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 в нанопотонику.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи нанопотоники. Уравнения Максвелла в среде. Волновые свойства света: интерференция, дифракция, поляризация. Эванесцентные волны и ближнее поле. Классификация нанопотонных структур.

Тема 2: Фундаментальные явления и оптические свойства нанобъектов.

Вопросы для обсуждения: Размерное квантование и его влияние на оптические переходы. Поверхностный плазмонный резонанс. Локализованный плазмонный резонанс в наночастицах. Оптические свойства квантовых точек, молекул, NV-центров.

Тема 3: Фотонные кристаллы и метаматериалы

Вопросы для обсуждения: Принцип запрещённой зоны в фотонных кристаллах. Одномерные, двумерные и трёхмерные фотонные кристаллы. Дефекты и волноводы на их основе. Метаматериалы: отрицательная диэлектрическая и магнитная проницаемости. Метаповерхности.

Тема 4: Микрорезонаторы и плазмонные структуры.

Вопросы для обсуждения: Типы оптических микрорезонаторов. Усиление спонтанного излучения. Плазмонные волны на границе металл-диэлектрик. Локализованные плазмоны. Плазмонные антенны и биосенсоры.

Тема 5: Технологии создания и диагностики нанопотонных структур.

Вопросы для обсуждения: Методы литографии. Напыление и осаждение тонких плёнок. Эпитаксия. Травление. Методы диагностики: растровая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия.

Тема 6: Методы исследования и спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Принципы оптической микроскопии ближнего поля (NSOM). Спектроскопия одиночных молекул. Люминесцентная и рамановская спектроскопия нанобъектов. Времяразрешённая спектроскопия.

Тема 7: Приборы и применение нанопотоники.

Вопросы для обсуждения: Полупроводниковые лазеры на квантовых точках и гетероструктурах. Светодиоды. Наноантенны. Интегральная оптика и планарные волноводы. Применение в биосенсорике, оптоэлектронике, квантовых технологиях.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в нанопотонику.

Вопросы для обсуждения: Расчёт длины волны и волнового числа. Оценка глубины проникновения эванесцентной волны. Расчёт интерференционной картины.

Тема 2: Фундаментальные явления и оптические свойства нанообъектов.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии размерного квантования в квантовых ямах и точках. Расчёт резонансной длины волны плазмона для сферической наночастицы.

Тема 3: Фотонные кристаллы и метаматериалы

Вопросы для обсуждения: Расчёт запрещённой зоны одномерного фотонного кристалла. Определение периода структуры для заданной длины волны.

Тема 4: Микрорезонаторы и плазмонные структуры.

Вопросы для обсуждения: Расчёт плазмонной длины волны для границы раздела металл-диэлектрик.

Тема 5: Технологии создания и диагностики нанофотонных структур.

Вопросы для обсуждения: Выбор метода литографии для заданного размера структур. Расчёт разрешающей способности электронной литографии.

Тема 6: Методы исследования и спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Расчёт пространственного разрешения оптического микроскопа. Интерпретация спектров люминесценции наночастиц.

Тема 7: Приборы и применение нанофотоники.

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентрации молекул по сигналу поверхностно-усиленного рамановского рассеяния. Оценка эффективности наноантенны.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: уравнения Максвелла, эванесцентные волны, плазмонный резонанс, фотонные кристаллы, метаматериалы, микрорезонаторы, методы изготовления и диагностики наноструктур, спектроскопия одиночных молекул, приборы нанофотоники и их применения.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт параметров эванесцентных волн, плазмонных резонансов, запрещённых зон фотонных кристаллов, добротности резонаторов, разрешения микроскопов, интерпретация спектральных данных.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические принципы нанофотонных явлений, методы расчёта оптических свойств наноструктур, технологические подходы, методы характеристики, области применения нанофотонных устройств.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в нанопотонику	ОПК-1	Тестирование

Фундаментальные явления и оптические свойства нанообъектов	ОПК-1	Тестирование
Фотонные кристаллы и метаматериалы	ОПК-1	Тестирование
Микрорезонаторы и плазмонные структуры	ОПК-1	Тестирование
Технологии создания и диагностики нанофотонных структур	ОПК-1	Тестирование
Методы исследования и спектроскопия	ОПК-1	Тестирование
Приборы и применение нанофотоники	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Введение в нанофотонику»

1. Что является объектом изучения нанофотоники?

- А) распространение света в макроскопических оптических волокнах
- Б) взаимодействие света с объектами, размеры которых сравнимы или меньше длины волны света, и явления, обусловленные квантовым ограничением
- В) изучение фотосинтеза в растениях
- Г) создание мощных лазеров для промышленности

2. Какое из уравнений является фундаментальным для описания электромагнитных полей в нанофотонике?

- А) уравнение Шрёдингера
- Б) уравнение Навье-Стокса
- В) уравнения Максвелла
- Г) уравнение теплопроводности

3. Что такое эванесцентная волна?

- А) волна, распространяющаяся на большие расстояния в среде
- Б) неоднородная волна, существующая вблизи границы раздела сред, с экспоненциальным затуханием при удалении от границы
- В) волна, возникающая при интерференции двух когерентных волн
- Г) плоская волна в вакууме

4. Поверхностный плазмонный резонанс (SPR) возникает на границе:

- А) двух диэлектриков
- Б) металла и диэлектрика
- В) двух металлов
- Г) диэлектрика и полупроводника

5. Какое из перечисленных явлений является следствием размерного квантования в полупроводниковых наночастицах?

- А) увеличение времени жизни флуоресценции
- Б) появление дискретных энергетических уровней и сдвиг края поглощения в коротковолновую область
- В) уменьшение коэффициента преломления
- Г) увеличение теплопроводности

6. Что такое фотонный кристалл?

- А) искусственный кристалл из органических молекул
- Б) периодическая структура с диэлектрической проницаемостью, модулированной в пространстве, создающая запрещённые зоны для фотонов
- В) кристалл, способный генерировать фотоны при облучении
- Г) материал с отрицательным показателем преломления

7. Какой эффект описывает увеличение скорости спонтанного излучения квантового излучателя в резонаторе?

- А) эффект Комптона
- Б) эффект Парселла
- В) эффект Зеемана
- Г) эффект Штарка

8. Метаматериалы характеризуются:

- А) положительными диэлектрической и магнитной проницаемостями
- Б) отрицательными значениями диэлектрической и/или магнитной проницаемости, что приводит к необычным оптическим свойствам
- В) отсутствием дисперсии
- Г) прозрачностью во всём видимом диапазоне

9. Локализованный плазмонный резонанс (LSPR) наблюдается в:

- А) металлических наночастицах
- Б) объёмных металлических плёнках
- В) диэлектрических слоях
- Г) полупроводниковых квантовых ямах

10. Какой метод позволяет получить изображение с разрешением ниже дифракционного предела за счёт регистрации эванесцентного поля?

- А) просвечивающая электронная микроскопия
- Б) атомно-силовая микроскопия
- В) оптическая микроскопия ближнего поля (NSOM)
- Г) конфокальная микроскопия

11. Что такое метаповерхность?

- А) тонкая плёнка из диэлектрика
- Б) двумерный аналог метаматериала, состоящий из субволновых резонаторов, управляющих фазой, амплитудой и поляризацией света
- В) поверхность фотонного кристалла
- Г) поверхность с регулярной шероховатостью

12. Для каких целей применяются плазмонные антенны в нанофотонике?

- А) для усиления электрического поля в ближней зоне и управления излучением на наномасштабе
- Б) для передачи электроэнергии
- В) для создания магнитных полей
- Г) для измерения температуры

13. Какое из утверждений о дефектах в фотонных кристаллах верно?

- А) дефекты не влияют на распространение света
- Б) дефекты создают локализованные состояния в запрещённой зоне, которые могут служить волноводами или резонаторами
- В) дефекты всегда ухудшают качество кристалла и не используются
- Г) дефекты проявляются только в магнитных полях

14. Эффект Парселла проявляется в изменении:

- А) скорости спонтанного излучения
- Б) скорости вынужденного излучения
- В) показателя преломления среды
- Г) интенсивности рассеяния света

15. Какое из направлений является перспективным для применения нанофотоники?

- А) создание сверхпроводников
- Б) разработка новых источников питания
- В) биосенсоры, оптоэлектроника, квантовые технологии и медицинская диагностика
- Г) строительство крупных оптических телескопов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение нанофотоники. Каковы её предмет, задачи и место среди других наук?
2. Запишите и поясните уравнения Максвелла в среде. Как они используются для описания распространения света в наноструктурах?
3. Что такое эванесцентные волны и ближнее оптическое поле? Где они возникают и в чём их значение для нанофотоники?
4. Объясните эффект размерного квантования. Как оно влияет на энергетический спектр и оптические свойства полупроводниковых наночастиц?
5. Что такое поверхностный плазмонный резонанс (SPR) и локализованный плазмонный резонанс (LSPR)? В чём их различие и где они наблюдаются?
6. Опишите эффект Парселла. Как он связан с плотностью фотонных состояний и почему важен для управления спонтанным излучением?
7. Что такое фотонные кристаллы? Объясните принцип возникновения запрещённой зоны. Приведите классификацию по размерности.
8. Какие методы изготовления фотонных кристаллов существуют? Как используются дефекты в фотонных кристаллах для создания волноводов и резонаторов?
9. Что такое метаматериалы и метаповерхности? Каковы их основные свойства (в том числе отрицательные значения диэлектрической и магнитной проницаемости)?
10. Какие типы оптических микрорезонаторов вам известны? Объясните принцип работы резонатора Фабри-Перо и моды шепчущей галереи. Что такое добротность резонатора?
11. Что такое наноплазмоника? Как работают плазмонные антенны и каковы их применения (например, в биосенсорах)?
12. Какие основные технологические методы используются для создания нанофотонных структур (литография, напыление, эпитаксия, травление)? Охарактеризуйте электронно-лучевую и наноимпринтинг-литографию.
13. Какие методы диагностики наноструктур применяются в нанофотонике? Опишите принципы атомно-силовой и сканирующей электронной микроскопии.
14. В чём суть оптической микроскопии ближнего поля (NSOM)? Как она позволяет преодолеть дифракционный предел разрешения?
15. Какие спектральные методы используются для исследования нанообъектов (люминесцентная, рамановская, времязрешённая спектроскопия)? Какую информацию они дают?
16. Опишите принципы работы полупроводниковых лазеров на квантовых точках. В чём их преимущества по сравнению с обычными полупроводниковыми лазерами?
17. Что такое интегральная оптика и планарные волноводы? Для каких задач они применяются?
18. Как нанофотоника используется в биосенсорике? Приведите примеры (поверхностно-усиленное рамановское рассеяние, плазмонные сенсоры).
19. Каковы перспективы применения нанофотоники в квантовых технологиях (источники одиночных фотонов, квантовые точки, квантовая криптография)?
20. Приведите конкретные примеры нанофотонных приборов и устройств (светодиоды, лазеры, наноантенны, фотонные чипы) и объясните их работу.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии

оценивания

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

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

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

Основная литература:

- 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:

- Панов, М. Ф. Физические основы фотоники: учебное пособие / М. Ф. Панов, А. В. Соломонов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 564 с. — ISBN 978-5-8114-2319-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212564>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы современной микроскопии и методов визуализации»

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. Наименование дисциплины *«Основы современной микроскопии и методов визуализации»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Основы современной микроскопии и методов визуализации».*

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области современных методов микроскопии и визуализации, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач 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-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 современных микроскопических методов и формирования изображений, а также принципы цифровой обработки и анализа визуальных данных. Уметь: применять физико-математические знания для обоснованного выбора методов микроскопии и визуализации при решении исследовательских задач, интерпретировать результаты измерений с учётом физических ограничений, а также осуществлять поиск и критический анализ специализированной информации для эффективного применения методов в профессиональной деятельности. Владеть: навыками расчёта параметров микроскопических систем, методами обработки и количественного анализа микроскопических изображений с использованием программного обеспечения, приёмами подготовки образцов, а также способами интерпретации и представления результатов микроскопических исследований.
ОПК-2. Способен организовывать и проводить теоретические и экспериментальные	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для	Знать: фундаментальные физические законы и математические модели, лежащие в основе различных методов микроскопии и визуализации,

научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук	решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	включая дифракционные, интерференционные, флуоресцентные, зондовые и электронно-зондовые явления, а также современные подходы к обработке и интерпретации микроскопических данных. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы физики для организации и проведения научных исследований с использованием микроскопических методов, разрабатывать оптимальные схемы визуализации для решения конкретных исследовательских задач, анализировать и интерпретировать полученные изображения и данные, а также прогнозировать возможности применения микроскопических подходов для решения междисциплинарных задач в области биомедицины, материаловедения и нанотехнологий. Владеть: навыками планирования и проведения микроскопических экспериментов, методами количественного анализа и цифровой обработки изображений, приёмами подготовки образцов для различных видов микроскопии, а также способами интеграции микроскопических данных с результатами других физических методов для комплексного решения междисциплинарных научно-исследовательских задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы современной микроскопии и методов визуализации» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Физические основы микроскопии	Предмет, задачи и место дисциплины в подготовке физика-исследователя. История развития микроскопии. Фундаментальные принципы формирования изображения: разрешающая способность, предел разрешения, контраст, увеличение. Числовая апертура, дифракция света. Основы геометрической и волновой оптики в применении к микроскопии. Классификация методов микроскопии.
2	Световая микроскопия	Устройство и принципы работы современного оптического микроскопа. Методы повышения контраста: фазово-контрастная микроскопия, микроскопия тёмного поля, поляризационная микроскопия, дифференциально-интерференционный контраст, модуляционный контраст. Принципы флуоресценции, строение и свойства флуорофоров. Флуоресцентная микроскопия: ход лучей, спектральные характеристики, наборы фильтров.
3	Лазерная сканирующая и	Принципы и устройство лазерного

	конфокальная микроскопия	сканирующего конфокального микроскопа. Конфокальная диафрагма (pinhole), её роль в повышении разрешения и создании оптических срезов. Трёхмерная визуализация и реконструкция объектов. Многофотонная (двухфотонная) микроскопия: принцип, преимущества для визуализации живых объектов и толстых образцов. 4pi-микроскопия. Продвинутые флуоресцентные методы: FRET (резонансный перенос энергии флуоресценции), FRAP (восстановление флуоресценции после фотообесцвечивания), FLIM (визуализация времени жизни флуоресценции), TIRF (микроскопия полного внутреннего отражения).
4	Методы суперразрешающей микроскопии (наноскопии)	Физические принципы преодоления дифракционного предела. Микроскопия на основе локализации одиночных молекул: STORM, PALM. Методы RESOLFT, GSD, SSIM. Сравнительный анализ методов суперразрешения.
5	Зондовая микроскопия	Физические основы и области применения сканирующей зондовой микроскопии. Атомно-силовая микроскопия: режимы работы, визуализация поверхности и картографирование свойств. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия: принцип работы, изучение электронных свойств структур с атомным разрешением. Применение зондовой микроскопии для исследования твёрдых тел, наноматериалов, полимеров и биологических объектов.
6	Электронная микроскопия	Физические принципы формирования изображения в электронном микроскопе. Сканирующая электронная микроскопия: взаимодействие электронного пучка с образцом, детекторы вторичных и обратнорассеянных электронов. Аналитические возможности: рентгеновская спектроскопия (EDS/WDS), дифракция

		обратнорассеянных электронов (EBSD). Просвечивающая электронная микроскопия: режимы светлого и тёмного поля, электронная дифракция. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия: спектроскопия характеристических потерь энергии электронами (EELS). Методы приготовления образцов для электронной микроскопии.
7	Цифровая обработка и анализ микроскопических изображений	Формирование цифрового изображения, пиксель, динамический диапазон. Основные методы обработки изображений. Количественный анализ изображений: морфометрия, подсчёт объектов, измерение интенсивности флуоресценции. 3D-визуализация и реконструкция. Программное обеспечение для обработки изображений. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа и классификации микроскопических данных.
8	Специальные методы и интеграция подходов	Микроскопия живых клеток: проблемы фототоксичности и фотообесцвечивания. Автоматизированная микроскопия и высокопроизводительный скрининг. Интеграция микроскопии с микрофлюидными системами. Мультимодальная визуализация. Применение методов современной микроскопии в наукоёмких технологиях: биомедицинские исследования, материаловедение, нанотехнологии. Перспективные направления развития микроскопии и визуализации.

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 микроскопии.

Вопросы для обсуждения: Разрешающая способность и предел разрешения.

Числовая апертура. Дифракция света и формирование изображения.

Классификация методов микроскопии.

Тема 2: Световая микроскопия.

Вопросы для обсуждения: Устройство оптического микроскопа. Методы повышения контраста: фазово-контрастная, поляризационная, интерференционная микроскопия. Принципы флуоресценции. Флуоресцентная микроскопия и спектральные характеристики флуорофоров.

Тема 3: Лазерная сканирующая и конфокальная микроскопия.

Вопросы для обсуждения: Конфокальная диафрагма и принцип оптического среза. Многофотонная микроскопия. FRET, FRAP, FLIM, TIRF.

Тема 4: Методы суперразрешающей микроскопии (наноскопии)

Вопросы для обсуждения: Физические принципы преодоления дифракционного предела. STED, STORM, PALM. Сравнительный анализ разрешения и применимости.

Тема 5: Зондовая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Атомно-силовая микроскопия: режимы работы. Сканирующая туннельная микроскопия. Применение для визуализации поверхности и картографирования свойств.

Тема 6: Электронная микроскопия

Вопросы для обсуждения: Физические принципы формирования изображения. Сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия. Аналитические возможности (EDS, EBSD, EELS). Приготовление образцов.

Тема 7: Цифровая обработка и анализ микроскопических изображений

Вопросы для обсуждения: Формирование цифрового изображения. Основные методы обработки: фильтрация, сегментация, морфометрия. 3D-реконструкция. Применение машинного обучения.

Тема 8: Специальные методы и интеграция подходов

Вопросы для обсуждения: Микроскопия живых клеток. Мультимодальная визуализация. Применение в биомедицине, материаловедении и нанотехнологиях. Перспективы развития.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Физические основы микроскопии.

Вопросы для обсуждения: Расчёт предела разрешения по Рэлю. Определение числовой апертуры. Оценка глубины резкости.

Тема 2: Световая микроскопия.

Вопросы для обсуждения: Настройка и калибровка микроскопа. Подбор фильтров для флуоресцентной микроскопии. Интерпретация изображений различных контрастных методов.

Тема 3: Лазерная сканирующая и конфокальная микроскопия.

Вопросы для обсуждения: Настройка конфокального микроскопа. Визуализация и 3D-реконструкция. Анализ FRET и FLIM данных.

Тема 4: Методы суперразрешающей микроскопии (наноскопии)

Вопросы для обсуждения: Оценка разрешения. Сравнение методов. Обработка данных локализации одиночных молекул.

Тема 5: Зондовая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Подготовка образцов. Выбор режима АСМ. Интерпретация топографических изображений. Анализ силовых кривых.

Тема 6: Электронная микроскопия

Вопросы для обсуждения: Интерпретация изображений СЭМ и ПЭМ. Анализ дифракционных картин. Расчёт параметров из EDS и EELS данных.

Тема 7: Цифровая обработка и анализ микроскопических изображений

Вопросы для обсуждения: Применение фильтров и сегментации. Количественный анализ (подсчёт объектов, измерение интенсивности). 3D-визуализация.

Тема 8: Специальные методы и интеграция подходов

Вопросы для обсуждения: Планирование мультимодального эксперимента. Выбор методов для конкретной задачи. Анализ кросс-корреляции данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: физические основы формирования изображения, методы повышения контраста, флуоресцентная и конфокальная микроскопия, суперразрешение, зондовая и электронная микроскопия, цифровая обработка изображений.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт пределов разрешения, интерпретация микроскопических изображений, обработка флуоресцентных данных, анализ АСМ- и СЭМ-изображений, применение методов сегментации и морфометрии, 3D-реконструкция.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические принципы всех методов, сравнительный анализ разрешающей способности и области применения, методы обработки и анализа данных, мультимодальные подходы, применение в наукоёмких технологиях.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 микроскопии	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Световая микроскопия	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Лазерная сканирующая и конфокальная микроскопия	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Методы суперразрешающей микроскопии (наноскопии)	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Зондовая микроскопия	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Электронная микроскопия	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Цифровая обработка и анализ микроскопических изображений	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование
Специальные методы и	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Физические основы микроскопии»

1. Какой физический эффект является основным ограничением разрешающей способности оптического микроскопа?

- А) хроматическая аберрация
- Б) дифракция света
- В) сферическая аберрация
- Г) поглощение света в образце

2. Что такое числовая апертура объектива?

- А) угол между оптической осью и крайним лучом, умноженный на показатель преломления среды
- Б) фокусное расстояние объектива
- В) диаметр объектива
- Г) увеличение объектива

3. Какое выражение соответствует критерию Рэлея для предела разрешения?

- А) $d = 0.61 \lambda / NA$
- Б) $d = \lambda / (2 NA)$
- В) $d = 1.22 \lambda / NA$
- Г) $d = \lambda / NA$

4. Что такое предел разрешения Аббе?

- А) минимальное расстояние между двумя точками, при котором они ещё различимы, определяемое как $d = \lambda / (2 NA)$
- Б) максимальное увеличение микроскопа
- В) минимальная длина волны, используемая в микроскопии
- Г) максимальная глубина резкости

5. Как зависит разрешение оптического микроскопа от длины волны света (при прочих равных условиях)?

- А) прямо пропорционально
- Б) обратно пропорционально
- В) не зависит
- Г) пропорционально квадрату длины волны

6. Что такое функция рассеяния точки (PSF) в микроскопии?

- А) распределение интенсивности в изображении точечного источника
- Б) зависимость контраста от частоты
- В) кривая, описывающая аберрации объектива
- Г) спектральная чувствительность детектора

7. Какой метод позволяет увеличить числовую апертуру объектива?

- А) использование иммерсионной жидкости между объективом и образцом
- Б) увеличение фокусного расстояния
- В) уменьшение диаметра объектива
- Г) использование монохроматического света

8. Какое утверждение о дифракции Фраунгофера в микроскопии верно?

- А) она наблюдается в ближней зоне от объекта
- Б) она описывает распределение интенсивности в фокальной плоскости объектива при освещении параллельным пучком

В) она не влияет на разрешение

Г) она возникает только при использовании лазеров

9. Что такое контраст в микроскопическом изображении?

А) отношение интенсивности объекта к интенсивности фона

Б) разность показателей преломления объекта и среды

В) резкость изображения

Г) глубина резкости

10. Какая из перечисленных величин определяет предел разрешения согласно теории Аббе?

А) фокусное расстояние объектива

Б) числовая апертура и длина волны

В) увеличение окуляра

Г) толщина образца

11. Какое явление приводит к образованию дифракционных колец (дисков Эйри) в изображении точечного источника?

А) интерференция в отражённом свете

Б) дифракция на круглом отверстии (апертуре объектива)

В) рассеяние на неоднородностях образца

Г) хроматическая дисперсия

12. Что такое разрешающая способность микроскопа?

А) способность различать две близко расположенные точки как отдельные объекты

Б) способность увеличивать изображение

В) способность различать цвета

Г) способность проникать вглубь образца

13. Как влияет увеличение числовой апертуры на глубину резкости микроскопа?

А) увеличивает глубину резкости

Б) уменьшает глубину резкости

В) не влияет

Г) влияет только при иммерсии

14. Какая из формул связывает предел разрешения (d) с длиной волны (λ) и числовой апертурой (NA)?

А) $d = 0.61 \lambda / NA$

Б) $d = NA / \lambda$

В) $d = \lambda NA / 1.22$

Г) $d = 2 NA / \lambda$

15. Почему в микроскопии используют свет с меньшей длиной волны для повышения разрешения?

А) потому что меньше длина волны – меньше дифракционные эффекты

Б) потому что поглощение в образце меньше

В) потому что контраст выше

Г) потому что числовая апертура больше

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение разрешающей способности микроскопа. Сформулируйте критерий Рэля и теорию Аббе. Запишите формулы для предела разрешения.
2. Что такое числовая апертура? Как она связана с разрешением и глубиной резкости? Как можно увеличить числовую апертуру?
3. Объясните физическую природу дифракции света и её влияние на формирование изображения в микроскопе. Что такое функция рассеяния точки (PSF) и диск Эйри?
4. Опишите устройство и принцип работы современного оптического микроскопа. Что такое освещение по Кёлеру и для чего оно используется?

5. Какие методы повышения контраста в световой микроскопии вам известны? Опишите принципы фазово-контрастной, поляризационной и интерференционной микроскопии.
6. В чём суть флуоресцентной микроскопии? Опишите принципы флуоресценции, строение флуорофоров и спектральные характеристики (возбуждение, эмиссия, стоксов сдвиг).
7. Объясните принцип работы лазерного сканирующего конфокального микроскопа. Какую роль играет конфокальная диафрагма (pinhole)? Что такое оптический срез?
8. В чём преимущества многофотонной (двухфотонной) микроскопии по сравнению с конфокальной? Как достигается трёхмерная пространственная селективность?
9. Что такое FRET, FRAP, FLIM и TIRF? Опишите физическую основу каждого метода и их применение в биомедицинских исследованиях.
10. Каковы физические принципы преодоления дифракционного предела в суперразрешающей микроскопии? Опишите метод STED (стимулированное истощение эмиссии).
11. В чём суть методов локализации одиночных молекул (STORM, PALM)? Какое разрешение они обеспечивают и в чём их ограничения?
12. Сравните различные методы суперразрешающей микроскопии по пространственному разрешению, требованиям к образцам и возможности визуализации живых клеток.
13. Опишите физические основы атомно-силовой микроскопии. Какие режимы работы АСМ существуют и какие свойства материалов можно картографировать?
14. Что такое сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия? Какое разрешение она обеспечивает и для каких объектов применяется?
15. Опишите принципы формирования изображения в сканирующем электронном микроскопе. Какие типы сигналов регистрируются и какую информацию они несут?
16. В чём отличие просвечивающей электронной микроскопии от сканирующей? Что такое режимы светлого и тёмного поля, электронная дифракция?
17. Какие аналитические методы используются в электронной микроскопии (EDS, EBSD, EELS)? Какую информацию о составе и структуре они предоставляют?
18. Опишите основные методы цифровой обработки микроскопических изображений: фильтрация, сегментация, пороговая обработка. Что такое морфометрический анализ?
19. Как осуществляется 3D-визуализация и реконструкция объектов по данным конфокальной, электронной или зондовой микроскопии? Какие программные средства используются?
20. Что такое мультимодальная визуализация? Приведите примеры интеграции различных методов микроскопии. Каковы перспективные направления развития микроскопии и методов визуализации в наукоёмких технологиях?

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:

- Егорова, О. В. Физико-химические методы исследования и техника лабораторных работ. Основы микроскопии: учебное пособие для вузов / О. В. Егорова. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 768 с. — ISBN 978-5-507-46840-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/322619>
- Егорова, О. В. Техническая микроскопия. Практика работы с микроскопами для технических целей: учебник для вузов / О. В. Егорова. — 4-е изд., стер. — Санкт-

Петербург: Лань, 2022. — 524 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/198476#1>

Дополнительная литература:

1. Загайнова, Е. В. Флюоресцентная микроскопия: учебное пособие / Е. В. Загайнова, М. В. Ширманова, В. В. Дуденкова, С. Л. Малиновская. — Нижний Новгород: ПИМУ, 2018. — 64 с. — ISBN 978-5-7032-1292-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/240716>
- Рыбин, Н. Б. Методы зондовой микроскопии\ : учебное пособие / Н. Б. Рыбин. — Рязань: РГРТУ, 2014. — 48 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168082>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Взаимодействие излучения с веществом»

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. Наименование дисциплины *«Взаимодействие излучения с веществом»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Взаимодействие излучения с веществом».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний и практических компетенций в области физических процессов взаимодействия различных видов излучений с веществом, радиационных эффектов в материалах и методов их исследования, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач 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-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 модели, описывающие механизмы взаимодействия заряженных частиц, фотонов и нейтронов с веществом, включая ионизационные потери, рассеяние, радиационные эффекты и процессы образования дефектов, а также методы расчёта сечений, пробегов и дозовых характеристик. Уметь: применять физико-математические знания для анализа и решения фундаментальных и прикладных задач, связанных с прохождением излучений через вещество, интерпретировать экспериментальные данные о радиационных изменениях свойств материалов, а также оперативно осуществлять поиск и критическую оценку специализированной информации из области физики взаимодействия излучений для обоснования исследовательских подходов и инженерных решений. Владеть: навыками расчёта параметров взаимодействия, методами численного моделирования переноса излучений, а также приёмами работы с научно-технической литературой и базами данных для подбора необходимых материалов и методик в сфере наукоёмких технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Взаимодействие излучения с веществом» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Фундаментальные основы взаимодействия излучений с веществом	Предмет, задачи и место дисциплины в подготовке физика-исследователя. История развития представлений о взаимодействии излучения с веществом. Классификация видов ионизирующих излучений. Основные понятия и определения. Фундаментальные законы природы, лежащие в основе взаимодействия. Понятие сечения взаимодействия и его физический смысл.
2	Взаимодействие заряженных частиц с веществом	Кинематика и динамика столкновений. Упругое рассеяние на ядрах и электронах. Ионизационные потери энергии. Пробег частиц в веществе, кривая Брэгга.

		Статистические флуктуации потерь энергии. Радиационное торможение и черенковское излучение. Многократное рассеяние. Ядерные взаимодействия тяжелых заряженных частиц.
3	Взаимодействие фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения) с веществом	Основные механизмы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом. Фотоэффект. Когерентное рассеяние. Образование электрон-позитронных пар. Законы ослабления фотонного излучения в веществе. Резонансное поглощение гамма-квантов
4	Взаимодействие нейтронов с веществом	Свойства нейтронов и их классификация по энергиям. Ядерные силы и обзор процессов взаимодействия. Упругое и неупругое рассеяние нейтронов. Радиационный захват нейтронов. Ядерные реакции под действием нейтронов. Процесс деления ядер. Замедление и диффузия нейтронов в веществе.
5	Радиационные эффекты в конденсированных средах и наноструктурах	Действие облучения на материалы. Процессы образования радиационных дефектов. Стадии радиационных процессов в веществе. Каскады атомных столкновений. Структура радиационных дефектов и их накопление. Радиационно-индуцированные превращения. Изменение физико-механических и физико-химических свойств материалов под действием облучения. Радиационное упрочнение, охрупчивание и ползучесть. Радиационная эрозия поверхности. Особенности радиационных эффектов в наноструктурированных материалах.
6	Применение и методы моделирования в наукоёмких технологиях	Методы детектирования различных видов излучений. Принципы радиационной защиты. Радиационные технологии в синтезе и модифицировании свойств материалов и наноструктур. Применение в ядерной энергетике, космической и медицинской промышленности. Методы математического моделирования и численного анализа процессов взаимодействия. Метод Монте-Карло

		для моделирования переноса излучения. Решение прикладных задач сильноточной электроники, радиационного материаловедения и физики конденсированного состояния.

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. Фундаментальные основы взаимодействия излучений с веществом.

Вопросы для обсуждения: Классификация ионизирующих излучений. Сечение взаимодействия и его физический смысл. Фундаментальные законы сохранения. Основные понятия (пробег, доза, флюенс).

Тема 2: Взаимодействие заряженных частиц с веществом.

Вопросы для обсуждения: Ионизационные потери энергии. Формула Бете-Блоха и её область применимости. Упругое рассеяние и многократное рассеяние. Радиационное торможение и черенковское излучение. Пробег и кривая Брэгга.

Тема 3: Взаимодействие фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения) с веществом

Вопросы для обсуждения: Фотозффект, комптоновское рассеяние, образование пар. Законы ослабления фотонов в веществе. Эффект Мёссбауэра. Сравнительная роль механизмов в разных диапазонах энергий.

Тема 4: Взаимодействие нейтронов с веществом.

Вопросы для обсуждения: Упругое и неупругое рассеяние нейтронов. Радиационный захват и деление. Замедление и диффузия нейтронов. Резонансное поглощение.

Тема 5: Радиационные эффекты в конденсированных средах и наноструктурах

Вопросы для обсуждения: Каскады атомных столкновений. Радиационные дефекты и их эволюция. Изменение физико-механических свойств материалов. Особенности эффектов в наноструктурах.

Тема 6: Применение и методы моделирования в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Принципы детектирования излучений. Метод Монте-Карло для моделирования переноса. Радиационные технологии модификации материалов. Применение в ядерной энергетике и медицине.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Фундаментальные основы взаимодействия излучений с веществом.

Вопросы для обсуждения: Расчёт сечения взаимодействия. Оценка пробега частиц. Анализ законов ослабления излучения.

Тема 2: Взаимодействие заряженных частиц с веществом.

Вопросы для обсуждения: Расчёт ионизационных потерь по формуле Бете-Блоха. Определение пробега. Оценка многократного рассеяния.

Тема 3: Взаимодействие фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения) с веществом

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициентов ослабления. Определение вклада различных механизмов. Расчёт эффективности детектирования.

Тема 4: Взаимодействие нейтронов с веществом.

Вопросы для обсуждения: Расчёт сечений рассеяния и захвата. Моделирование замедления. Оценка возраста и диффузионных параметров.

Тема 5: Радиационные эффекты в конденсированных средах и наноструктурах

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентрации дефектов. Моделирование каскадов. Оценка изменения свойств материалов.

Тема 6: Применение и методы моделирования в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Программная реализация метода Монте-Карло. Моделирование простых схем защиты. Оценка дозовых нагрузок.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: основные механизмы взаимодействия заряженных частиц, фотонов и нейтронов с веществом; радиационные эффекты в материалах; методы моделирования и детектирования.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт ионизационных потерь, пробегов, сечений; решение задач на ослабление фотонов и замедление нейтронов; оценка радиационных повреждений; моделирование методом Монте-Карло.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы всех видов взаимодействия; формулы и их применение; сравнительный анализ механизмов; радиационная стойкость материалов; принципы радиационной защиты и детектирования.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Фундаментальные основы взаимодействия излучений с веществом	ОПК-1	Тестирование
Взаимодействие заряженных частиц с веществом	ОПК-1	Тестирование
Взаимодействие фотонного излучения (рентгеновского и гамма-излучения) с веществом	ОПК-1	Тестирование
Взаимодействие нейтронов с веществом	ОПК-1	Тестирование
Радиационные эффекты в конденсированных средах и наноструктурах	ОПК-1	Тестирование

Применение и методы моделирования 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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Фундаментальные основы взаимодействия излучений с веществом»:

1. Какое из перечисленных излучений относится к корпускулярному ионизирующему излучению?

- А) рентгеновское излучение
- Б) гамма-излучение
- В) поток альфа-частиц
- Г) радиоволны

2. Что такое сечение взаимодействия (σ) в физике взаимодействия излучения с веществом?

- А) геометрическая площадь ядра
- Б) эффективная площадь, характеризующая вероятность взаимодействия частицы с мишенью
- В) длина свободного пробега частицы
- Г) средняя энергия, передаваемая веществу

3. Какая физическая величина характеризует число частиц, проходящих через единичную площадку за единицу времени?

- А) флюенс
- Б) поток
- В) плотность потока
- Г) доза

4. Какой закон сохранения является основополагающим при описании упругого рассеяния частиц?

- А) сохранение массы
- Б) сохранение электрического заряда
- В) сохранение энергии и импульса
- Г) сохранение момента импульса

5. Что такое поглощённая доза излучения?

- А) энергия, переданная излучением единице массы вещества
- Б) число частиц, падающих на единицу площади
- В) мощность излучения
- Г) кратность ослабления

6. Какое из определений соответствует эквивалентной дозе?

- А) поглощённая доза, умноженная на коэффициент качества излучения
- Б) энергия, переданная веществу за единицу времени
- В) число ионизирующих событий в единице объёма
- Г) глубина проникновения частиц

7. Какой вид взаимодействия характерен для нейтральных частиц (например, нейтронов) с веществом?

- А) кулоновское взаимодействие с электронами
- Б) ядерное взаимодействие
- В) взаимодействие с электромагнитным полем
- Г) упругое рассеяние на электронах

8. Как называется среднее расстояние, которое частица проходит до первого взаимодействия?

- А) длина свободного пробега
- Б) полный пробег
- В) тормозная способность
- Г) диапазон

9. Какие виды ионизирующих излучений относятся к фотонным?

- А) альфа-частицы и протоны
- Б) рентгеновское и гамма-излучение
- В) нейтроны и электроны
- Г) бета-частицы

10. Какое из утверждений о линейной передаче энергии (ЛПЭ) верно?

- А) ЛПЭ – это энергия, теряемая частицей на единице пути в веществе
- Б) ЛПЭ не зависит от типа частицы
- В) ЛПЭ – это полная энергия частицы
- Г) ЛПЭ равна скорости частицы

11. Какой процесс является основным при ослаблении гамма-излучения в веществе при энергиях около 1 МэВ?

- А) фотоэффект
- Б) комптоновское рассеяние
- В) образование пар
- Г) упругое рассеяние на ядрах

12. Что такое тормозная способность вещества?

- А) способность вещества уменьшать энергию частицы за счёт взаимодействий
- Б) способность вещества к отражению частиц
- В) способность вещества к захвату частиц
- Г) способность вещества к генерации вторичных частиц

13. Какая из величин используется для оценки радиационного риска для биологических объектов?

- А) поглощённая доза
- Б) экспозиционная доза
- В) эквивалентная доза
- Г) флюенс

14. Что характеризует кривая Брэгга?

- А) зависимость пробега частиц от энергии
- Б) распределение ионизации по глубине проникновения частицы
- В) зависимость сечения от энергии
- Г) зависимость угла рассеяния от энергии

15. Какое из перечисленных излучений имеет наибольший коэффициент ослабления в воздухе при равной энергии?

- А) альфа-частицы
- Б) бета-частицы
- В) гамма-кванты
- Г) нейтроны

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте классификацию видов ионизирующих излучений. В чём отличие корпускулярного излучения от фотонного?
2. Что такое сечение взаимодействия и какова его размерность? Как сечение связано с длиной свободного пробега и вероятностью взаимодействия?

3. Сформулируйте законы сохранения, используемые при описании процессов взаимодействия частиц с веществом.
4. Дайте определения флюенса, плотности потока, поглощённой и эквивалентной доз. В каких единицах они измеряются?
5. Опишите механизмы ионизационных потерь энергии тяжёлых заряженных частиц. Запишите и поясните основные зависимости формулы Бете-Блоха.
6. Что такое кривая Брэгга и какой физический смысл имеет максимум Брэгга? Как он используется в протонной терапии?
7. Объясните природу радиационного торможения и черенковского излучения. При каких условиях они возникают?
8. Что такое многократное рассеяние и как оно влияет на прохождение пучка заряженных частиц через вещество?
9. Перечислите основные механизмы взаимодействия фотонного излучения (рентгеновского и гамма-) с веществом. Укажите энергетические области их преобладания.
10. Опишите физическую картину фотоэффекта. От каких параметров зависит его сечение?
11. В чём суть эффекта Комптона? Запишите формулу для изменения длины волны при комптоновском рассеянии.
12. При каких условиях становится возможным образование электрон-позитронных пар? Каков порог этого процесса?
13. Напишите закон ослабления узкого пучка фотонов. Что такое линейный и массовый коэффициенты ослабления?
14. Что такое эффект Мёссбауэра и для каких исследований он используется?
15. Опишите основные процессы взаимодействия нейтронов с веществом: упругое и неупругое рассеяние, радиационный захват, деление.
16. Что такое замедление нейтронов? Как происходит диффузия нейтронов в среде?
17. Какие радиационные дефекты образуются в кристаллах под действием облучения? Опишите каскад атомных столкновений.
18. Как радиационное облучение влияет на физико-механические свойства материалов (прочность, пластичность, электропроводность)?
19. В чём особенности радиационных эффектов в наноструктурированных материалах по сравнению с объёмными?
20. Какие методы моделирования переноса излучения используются для расчёта дозовых нагрузок и радиационных повреждений? Опишите суть метода Монте-Карло.

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. Ведринский, Р. В. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом: учебное пособие / Р. В. Ведринский. — Москва: Знаниум, 2026. — Текст: электронный // Знаниум: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=481202>

2. Пахомов, И. И. Квантовая теория излучения. Взаимодействие излучения с веществом: учебное пособие / И. И. Пахомов, А. М. Хорохоров. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. — Текст: электронный // Знаниум: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=450821>

Дополнительная литература:

1. Красников, В. С. Взаимодействие излучений с веществом: учебное пособие / В. С. Красников, А. П. Яловец. — Челябинск: Челябинский государственный университет, 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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы биофотоники»

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. Наименование дисциплины «*Основы биофотоники*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Основы биофотоники».

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области физических основ взаимодействия света с биологическими объектами, методов оптической диагностики и визуализации, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач в сфере наукоёмких биомедицинских 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 физические принципы взаимодействия света с биологическими объектами, современные методы оптической диагностики и визуализации, а также физико-математические подходы к моделированию распространения излучения в биологических средах. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы для организации исследований в области биофотоники, выбирать оптимальные методы диагностики для решения биомедицинских задач, обрабатывать и интерпретировать полученные данные, прогнозировать использование биофотонных подходов в междисциплинарных научных исследованиях. Владеть: навыками работы с современным биофотонным оборудованием, методами обработки изображений и спектральных данных, приёмами моделирования оптических процессов в биотканях, а также способами интеграции биофотонных методов в комплексные научно-исследовательские и технологические разработки.
ПК-2. Способен проектировать элементы, устройства или процессы в	ПК-2.1. Выбирает и обосновывает материалы и технологические процессы для конкретных прикладных	Знать: фундаментальные физические принципы взаимодействия света с биологическими объектами,

области высокотехнологичных индустрий, применяя знания фундаментальных законов и современных технологий для решения инженерных или материаловедческих задач.	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.	оптические свойства биологических сред, современные методы биофотонной диагностики и визуализации, а также подходы к выбору материалов и технологических процессов для решения прикладных задач высокотехнологичных индустрий. Уметь: обосновывать выбор оптических методов и материалов для конкретных биомедицинских приложений, проводить расчёты и моделирование ключевых параметров биофотонных устройств, разрабатывать концепцию проекта с оценкой реализуемости, рисков и потенциальной коммерческой ценности, анализировать вопросы надёжности и диагностики разрабатываемых систем. Владеть: навыками проектирования биофотонных устройств и систем, методами моделирования оптических процессов в биологических средах, приёмами оценки надёжности и технической диагностики, а также способами подготовки технической документации и обоснования инженерных решений в области наукоёмких биомедицинских технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в биофотонику. Взаимодействие света с биологическими объектами	Предмет, задачи и место биофотоники в современной физике и наукоёмких технологиях. Междисциплинарный характер биофотоники. Основные свойства света: корпускулярно-волновой дуализм, когерентность, интерференция, дифракция. Основы радиометрии и фотометрии. Механизмы взаимодействия света с биологическими объектами. Понятие оптических свойств биотканей.
2	Оптика биологических тканей и модели распространения света	Структура и оптические свойства биологических тканей на макро- и микроуровнях. Светорассеяние в тканях. Модели распространения света в биологических средах. Оптическое просветление тканей: физические и химические механизмы. Влияние температуры, деформации и гидратации на оптические свойства.
3	Методы спектроскопии и флуоресцентной диагностики	Основы атомной и молекулярной спектроскопии. Абсорбционная спектроскопия биологических объектов. Флуоресцентная спектроскопия. Эндогенные и экзогенные флуорофоры. Флуоресцентные зонды и маркеры в биомедицинских исследованиях. Рамановская спектроскопия и её применение для анализа биомолекул. Спектроскопия диффузного отражения. Применение спектральных методов для диагностики патологических

			состояний.
4	Оптическая микроскопия и суперразрешение		Принципы световой микроскопии: разрешение, контраст, увеличение. Флуоресцентная и конфокальная микроскопия. Двухфотонная микроскопия. Методы суперразрешающей микроскопии. Количественная фазовая визуализация, голографическая микроскопия. Микроскопия с модуляцией поляризации. Применение микроскопических методов для визуализации клеточных и субклеточных структур, исследования динамики биологических процессов.
5	Томографические методы и оптическая когерентная томография		Физические основы оптической когерентной томографии (ОКТ). Принципы интерферометрии низкой когерентности. Методы ОКТ. Пространственное разрешение и глубина зондирования в биотканях. Фотоакустическая томография. Диффузионная оптическая томография. Сравнительный анализ томографических методов. Клинические применения ОКТ в офтальмологии, кардиологии и онкологии.
6	Применение биофотоники в наукоёмких технологиях	в	Биомедицинские лазерные технологии. Фотодинамическая терапия. Оптические биосенсоры на основе смартфонов и портативных устройств. Применение методов машинного обучения для анализа данных в биофотонике. Нейрофотоника. Фотонные технологии в исследованиях функциональных нарушений организма. 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 в биофотонику. Взаимодействие света с биологическими объектами

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи биофотоники. Механизмы взаимодействия света с биологическими объектами. Оптические свойства

биологических сред. Понятие коэффициентов поглощения и рассеяния.

Тема 2: Оптика биологических тканей и модели распространения света

Вопросы для обсуждения: Структура и оптические свойства биотканей. Уравнение переноса излучения и диффузионное приближение. Оптическое просветление тканей.

Тема 3: Методы спектроскопии и флуоресцентной диагностики

Вопросы для обсуждения: Физические основы абсорбционной и флуоресцентной спектроскопии. Применение спектральных методов в диагностике.

Тема 4: Оптическая микроскопия и суперразрешение

Вопросы для обсуждения: Принципы световой и флуоресцентной микроскопии. Конфокальная и двухфотонная микроскопия. Методы суперразрешения. Применение для визуализации клеточных структур.

Тема 5: Томографические методы и оптическая когерентная томография

Вопросы для обсуждения: Физические основы оптической когерентной томографии. Интерферометрия низкой когерентности. Фотоакустическая и диффузионная оптическая томография. Клинические применения.

Тема 6: Применение биофотоники в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Биомедицинские лазерные технологии. Фотодинамическая терапия. Оптические биосенсоры.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в биофотонику. Взаимодействие света с биологическими объектами

Вопросы для обсуждения: Расчёт глубины проникновения света в биоткани. Оценка вклада поглощения и рассеяния. Анализ спектральных характеристик тканей.

Тема 2: Оптика биологических тканей и модели распространения света

Вопросы для обсуждения: Решение уравнения переноса излучения в диффузионном приближении.

Тема 3: Методы спектроскопии и флуоресцентной диагностики

Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектров поглощения и флуоресценции. Расчёт концентрации хромофоров по спектральным данным.

Тема 4: Оптическая микроскопия и суперразрешение

Вопросы для обсуждения: Расчёт разрешающей способности микроскопов. Настройка конфокальной микроскопии. Обработка флуоресцентных изображений.

Тема 5: Томографические методы и оптическая когерентная томография

Вопросы для обсуждения: Расчёт разрешающей способности ОКТ. Интерпретация ОКТ-изображений. Оценка глубины зондирования.

Тема 6: Применение биофотоники в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Проектирование биосенсорных систем. Расчёт параметров фотодинамической терапии. Анализ клинических применений. Оценка эффективности методов диагностики.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: взаимодействие света с биологическими объектами и оптические свойства тканей, модели распространения света в биологических средах, физические основы спектроскопии и флуоресцентной диагностики, принципы оптической микроскопии и суперразрешения, физические основы оптической когерентной томографии и других томографических методов, применение биофотоники в биомедицине

и наукоёмких технологиях.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт глубины проникновения света в биоткани и вклада поглощения/рассеяния, интерпретация спектров поглощения и флуоресценции, расчёт концентрации хромофоров и квантового выхода флуорофоров, расчёт разрешающей способности микроскопов и ОКТ-систем, анализ и обработка томографических и флуоресцентных изображений.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические механизмы взаимодействия света с биологическими средами, модели переноса излучения, методы спектроскопии и флуоресцентной диагностики, принципы работы микроскопии и суперразрешения, физические основы ОКТ и фотоакустической томографии, применение биофотоники в клинической практике и наукоёмких технологиях.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в биофотонику. Взаимодействие света с биологическими объектами	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Оптика биологических тканей и модели распространения света	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Методы спектроскопии и флуоресцентной диагностики	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Оптическая микроскопия и суперразрешение	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Томографические методы и оптическая когерентная томография	ОПК-2, ПК-2	Тестирование
Применение биофотоники в наукоёмких технологиях	ОПК-2, 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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Взаимодействие света с биологическими объектами»:

1. Какой механизм взаимодействия света с биологическими объектами является преобладающим в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах для большинства

мягких тканей?

- А) поглощение
- Б) рассеяние
- В) флуоресценция
- Г) фотоакустический эффект

2. Какой хромофор в основном определяет поглощение света в крови в видимом диапазоне?

- А) меланин
- Б) гемоглобин
- В) коллаген
- Г) вода

3. Что такое анизотропия рассеяния в биологических тканях?

- А) зависимость коэффициента рассеяния от длины волны
- Б) параметр, описывающий преимущественное направление рассеяния (средний косинус угла рассеяния)
- В) зависимость поглощения от поляризации света
- Г) изменение показателя преломления с частотой

4. Какое из утверждений о поглощении света в биотканях верно?

- А) поглощение в видимом диапазоне в основном определяется водой
- Б) поглощение в ближнем ИК (700–900 нм) минимально, что образует «окно прозрачности» для биотканей
- В) меланин не поглощает свет в видимом диапазоне
- Г) поглощение не зависит от концентрации хромофора

5. Какой процесс лежит в основе флуоресценции биологических объектов?

- А) рассеяние света на частицах, размер которых меньше длины волны
- Б) поглощение фотона с последующим испусканием фотона меньшей энергии после внутренней конверсии
- В) неупругое рассеяние с изменением частоты (эффект Рамана)
- Г) отражение света от поверхности ткани

6. Что такое коэффициент рассеяния (μ_s) в оптике биотканей?

- А) вероятность поглощения фотона на единицу длины
- Б) вероятность рассеяния фотона на единицу длины
- В) глубина проникновения света в ткань
- Г) угол отклонения фотона при рассеянии

7. Какой эффект используется для оптического просветления биотканей?

- А) увеличение поглощения за счёт введения красителей
- Б) уменьшение рассеяния путём выравнивания показателей преломления структурных компонентов ткани
- В) усиление флуоресценции эндогенных флуорофоров
- Г) увеличение коэффициента отражения

8. Какое из перечисленных явлений относится к неупругому рассеянию света?

- А) рассеяние Ми
- Б) рассеяние Рэлея
- В) комбинационное рассеяние (Рамановское)
- Г) рассеяние на крупных частицах

9. Какое уравнение описывает перенос излучения в биологических тканях?

- А) уравнение Шрёдингера
- Б) уравнение переноса излучения (УПИ)
- В) уравнение Навье-Стокса
- Г) уравнение диффузии тепла

10. Какой метод моделирования распространения света в биотканях является наиболее точным для сложных геометрий и неоднородностей?

- А) аналитическое решение уравнения переноса излучения
- Б) диффузионное приближение
- В) метод Монте-Карло
- Г) метод конечных элементов для уравнений Максвелла

11. Что такое эндогенные флуорофоры?

- А) флуоресцентные молекулы, вводимые извне
- Б) молекулы, обладающие собственной флуоресценцией, присутствующие в биологических объектах (например, NADH, флавины)
- В) молекулы, поглощающие свет, но не флуоресцирующие
- Г) синтетические красители

12. Какой параметр описывает среднее расстояние, которое фотон проходит в ткани до первого рассеяния?

- А) глубина проникновения
- Б) длина свободного пробега рассеяния ($1/\mu_s$)
- В) длина свободного пробега поглощения ($1/\mu_a$)
- Г) транспортная длина свободного пробега

13. Какое из утверждений о зависимости поглощения биотканей от длины волны верно?

- А) поглощение воды минимально в видимом диапазоне, но сильно возрастает в ближнем ИК
- Б) поглощение воды имеет пики в ближнем ИК (например, 970, 1450, 1950 нм)
- В) меланин поглощает преимущественно в УФ-диапазоне
- Г) гемоглобин не поглощает в видимом диапазоне

14. Что такое транспортный коэффициент рассеяния μ_s' ?

- А) $\mu_s' = \mu_s (1 - g)$, где g – средний косинус угла рассеяния, он описывает эффективное рассеяние с учётом анизотропии
- Б) $\mu_s' = \mu_s + \mu_a$
- В) $\mu_s' = \mu_s / (1 + g)$
- Г) $\mu_s' = \mu_s * g$

15. Какая модель является основой для диффузионного приближения в биологических тканях?

- А) предположение о слабом поглощении и сильном рассеянии, при котором распределение света становится изотропным
- Б) предположение о прямом распространении лучей без рассеяния
- В) предположение о когерентном распространении волн
- Г) предположение о полном поглощении на границе

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение биофотоники. Каковы её предмет, цели и место среди других наук?
2. Перечислите основные механизмы взаимодействия света с биологическими объектами. Какой из них является преобладающим в различных спектральных диапазонах?
3. Охарактеризуйте оптические свойства биологических тканей: коэффициент поглощения, рассеяния, анизотропия, показатель преломления. Как они зависят от длины волны?
4. Какие хромофоры (эндогенные и экзогенные) определяют спектры поглощения биотканей в видимом и ближнем ИК-диапазонах? Приведите примеры.

5. Что такое «окна прозрачности» биологических тканей и каковы их спектральные положения? С чем связано их существование?
6. Объясните физический смысл коэффициентов μ_a , μ_s , g и μ_s' . Как они используются в моделях распространения света?
7. В чём суть уравнения переноса излучения и его диффузионного приближения? Каковы условия применимости диффузионной модели?
8. Опишите метод Монте-Карло для моделирования распространения света в биологических средах. Каковы его преимущества и ограничения?
9. Что такое оптическое просветление тканей? Какие физические и химические механизмы лежат в его основе?
10. Каковы физические основы флуоресцентной спектроскопии? Что такое квантовый выход и время жизни флуоресценции?
11. Назовите основные эндогенные флуорофоры и объясните, как их спектральные характеристики используются для диагностики.
12. В чём отличие рамановской спектроскопии от инфракрасной спектроскопии? Для каких биомедицинских применений она используется?
13. Объясните принцип работы конфокального микроскопа. В чём его преимущества перед обычным световым микроскопом?
14. Что такое двухфотонная микроскопия? Как достигается трёхмерная пространственная селективность возбуждения?
15. Опишите основные методы суперразрешающей микроскопии (STED, PALM, STORM). В чём состоит их физическая основа и какое разрешение они обеспечивают?
16. Каковы физические принципы оптической когерентной томографии (ОКТ)? Что такое интерферометрия низкой когерентности?
17. Сравните временную, спектральную и мультимодальную ОКТ. Каковы их разрешающая способность и глубина зондирования?
18. Что такое фотоакустическая томография? На каком физическом эффекте она основана и для каких клинических задач применяется?
19. Приведите примеры применения биофотоники в медицинской диагностике: спектроскопия, микроскопия, ОКТ, тераностика.
20. Опишите перспективные направления развития биофотоники (мультимодальная диагностика, нейрофотоника, оптогенетика, биосенсоры, нанофотонные структуры).

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	неудовлетворительного уровня	не зачтен	Менее 55

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

Основная литература:

1. Биофотоника. Конспект лекций и лабораторный практикум: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — Текст электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/460061>

Дополнительная литература:

1. Нечипоренко, А. П. Биофизика. Оптические свойства биологических тканей животного и растительного происхождения: учебное пособие для вузов / А. П. Нечипоренко, С. М. Орехова, У. Ю. Нечипоренко, Л. В. Плотникова. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/230300#1>

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

Для проведения 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Волоконно-оптические системы связи»

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. Наименование дисциплины «*Волоконно-оптические системы связи*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Волоконно-оптические системы связи».

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области физических принципов передачи излучения по оптическим волокнам, проектирования и применения волоконно-оптических систем связи, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач в сфере наукоёмких технологий и телекоммуникаций.

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 волоконно-оптических систем связи, принципы работы и модели их компонентов, методы передачи, обработки и оценки качества оптических сигналов, а также подходы к проектированию и диагностике таких систем. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы физики для анализа и моделирования волоконно-оптических систем, оценивать их эффективность, проводить исследования и прогнозировать использование физико-математических подходов для решения междисциплинарных задач в области телекоммуникаций, сенсорики и квантовых технологий. Владеть: навыками расчёта и проектирования волоконно-оптических систем, методами их диагностики и измерения параметров, а также способами интеграции оптических технологий в научно-исследовательские и технологические решения.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Волоконно-оптические системы связи» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в волоконно-оптические системы связи	Цели и задачи дисциплины. История развития и современное состояние фотоники и инфокоммуникаций. Основные понятия и определения. Классификация волоконно-оптических систем. Требования, предъявляемые к перспективным компонентам и устройствам оптической связи. Роль волоконной оптики в наукоёмких технологиях и квантовых системах связи.
2	Физические основы передачи излучения по оптическому волокну	Теория оптического излучения, его основные свойства и законы распространения в световодах. Волноводное распространение света. Понятие моды, дисперсионные характеристики и потери в оптических волокнах. Одномодовые и многомодовые световоды. Градиентные оптические волокна. Поляризационные свойства одномодовых волокон.

		Математическое описание распространения волн на базе электродинамической модели.
3	Компонентная база волоконно-оптических систем	Пассивные компоненты. Активные компоненты: источники излучения, фотоприёмники. Оптические усилители и повторители. Интегрально-оптические и фотонно-кристаллические компоненты.
4	Методы модуляции, передачи и уплотнения каналов	Принципы дискретизации непрерывных сигналов. Виды модуляции оптического излучения: импульсная, цифровая, фазовая модуляция. Импульсы как средство кодирования информации. Способы уплотнения каналов в оптических системах связи: частотное и временное уплотнение. Структурная схема типичной волоконно-оптической линии связи и её характеристики.
5	Проектирование, диагностика и сети на основе ВОС	Принципы построения волоконно-оптических систем передачи. Оценка энергетических потерь, оптимизация ввода излучения в волокно. Тестирование и измерение характеристик волоконно-оптических линий связи. Шумы фотоприёмников. Программные продукты для моделирования оптических систем связи.
6	Специальные применения и перспективные технологии	Волоконно-оптические датчики различного назначения. Кольцевой волоконный интерферометр. Обеспечение информационной безопасности оптических систем связи. Квантовая связь и квантовая криптография. Полностью оптические сети. Перспективы развития оптических телекоммуникационных систем и сетей связи. Применение оптических устройств в радиотехнических системах.

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 волоконно-оптические системы связи

Вопросы для обсуждения: История развития и современное состояние волоконной оптики. Классификация волоконно-оптических систем. Основные понятия и определения. Требования к компонентам оптической связи. Роль в наукоёмких технологиях и квантовых системах.

Тема 2: Физические основы передачи излучения по оптическому волокну

Вопросы для обсуждения: Волноводное распространение света. Понятие моды и дисперсионные характеристики. Одномодовые и многомодовые световоды. Потери в оптических волокнах. Поляризационные свойства. Математическое описание распространения волн.

Тема 3: Компонентная база волоконно-оптических систем

Вопросы для обсуждения: Пассивные компоненты: кабели, соединители, ответвители. Активные компоненты: полупроводниковые лазеры, светодиоды, фотоприёмники. Оптические усилители и повторители. Интегрально-оптические и фотонно-кристаллические компоненты.

Тема 4: Методы модуляции, передачи и уплотнения каналов

Вопросы для обсуждения: Принципы дискретизации сигналов. Виды модуляции оптического излучения. Импульсная и цифровая передача. Частотное и временное уплотнение каналов. Структурная схема волоконно-оптической линии связи.

Тема 5: Проектирование, диагностика и сети на основе ВОС

Вопросы для обсуждения: Принципы построения систем передачи. Оценка энергетических потерь. Тестирование и измерение характеристик линий. Шумы фотоприёмников. Технологии FTTx и пассивные оптические сети. Программное моделирование оптических систем.

Тема 6: Специальные применения и перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Волоконно-оптические датчики. Интерферометрические датчики и гироскопы. Обеспечение информационной безопасности. Квантовая связь и криптография. Полностью оптические сети. Перспективы развития оптических телекоммуникаций.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в волоконно-оптические системы связи

Вопросы для обсуждения: Анализ типовых структур волоконно-оптических систем. Классификация систем по дальности и скорости передачи. Оценка требований к компонентам.

Тема 2: Физические основы передачи излучения по оптическому волокну

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров распространения мод. Определение дисперсионных характеристик. Расчёт потерь в оптических волокнах. Оценка поляризационных эффектов.

Тема 3: Компонентная база волоконно-оптических систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров соединения и сращивания волокон. Выбор источников и приёмников для заданных условий. Расчёт характеристик оптических усилителей.

Тема 4: Методы модуляции, передачи и уплотнения каналов

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров импульсной и цифровой модуляции. Оценка пропускной способности каналов. Расчёт эффективности частотного и временного уплотнения.

Тема 5: Проектирование, диагностика и сети на основе ВОС

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетического бюджета линии связи. Моделирование волоконно-оптической системы. Оценка

помехоустойчивости. Расчёт параметров пассивных оптических сетей.

Тема 6: Специальные применения и перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров волоконно-оптических датчиков. Оценка чувствительности интерферометрических схем. Моделирование квантовых протоколов связи. Анализ перспективных технологий уплотнения.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: физические основы передачи излучения по оптическим волокнам, моды и дисперсия, компонентная база, методы модуляции и уплотнения каналов, проектирование линий связи, диагностика и тестирование ВОЛС, специальные применения.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт параметров распространения мод и дисперсионных характеристик, расчёт потерь в оптических волокнах, выбор источников и приёмников для заданных условий, расчёт эффективности частотного и временного уплотнения, оценка энергетического бюджета линии связи, расчёт параметров волоконно-оптических датчиков.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: принципы работы волоконно-оптических систем, методы оценки помехоустойчивости и качества передачи, расчёт пропускной способности каналов, проектирование пассивных оптических сетей, анализ шумов фотоприёмников, методы обеспечения информационной безопасности и квантовой криптографии.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 волоконно-оптические системы связи	ОПК-2	Тестирование
Физические основы передачи излучения по оптическому волокну	ОПК-2	Тестирование
Компонентная база волоконно-оптических систем	ОПК-2	Тестирование
Методы модуляции, передачи и уплотнения каналов	ОПК-2	Тестирование
Проектирование, диагностика и сети на основе ВОС	ОПК-2	Тестирование
Специальные применения и перспективные технологии	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Введение в волоконно-оптические системы связи»

1. Какое событие считается началом эры волоконно-оптической связи?

- А) изобретение лазера
- Б) создание первого оптического волокна с потерями менее 20 дБ/км (1970 г., Corning)
- В) запуск первого спутника связи
- Г) изобретение светодиода

2. Какой диапазон длин волн является основным для волоконно-оптических систем связи?

- А) 0,4–0,7 мкм (видимый)
- Б) 0,8–1,6 мкм (ближний инфракрасный)
- В) 2–5 мкм (средний ИК)
- Г) 10–100 мкм (дальний ИК)

3. Какое из перечисленных преимуществ волоконной оптики является наиболее важным для систем дальней связи?

- А) малый вес кабеля
- Б) низкое затухание сигнала
- В) низкая стоимость компонентов
- Г) простота монтажа

4. Что такое одномодовое оптическое волокно?

- А) волокно с диаметром сердцевины порядка 50–100 мкм, поддерживающее множество мод
- Б) волокно с диаметром сердцевины около 8–10 мкм, поддерживающее только одну основную моду
- В) волокно с градиентным профилем показателя преломления
- Г) волокно с оболочкой из пластика

5. Какая из перечисленных сред не является компонентом волоконно-оптической системы связи?

- А) лазерный передатчик
- Б) фотоприёмник
- В) коаксиальный кабель
- Г) оптический усилитель

6. Какой параметр характеризует потери мощности сигнала в оптическом волокне?

- А) дисперсия
- Б) затухание (дБ/км)
- В) полоса пропускания
- Г) коэффициент преломления

7. Какая из перечисленных областей применения не относится к волоконно-оптическим системам?

- А) телекоммуникации
- Б) локальные вычислительные сети
- В) передача электроэнергии на большие расстояния
- Г) системы кабельного телевидения

8. Какой тип оптического волокна обеспечивает наименьшие потери на километр?

- А) многомодовое ступенчатое
- Б) многомодовое градиентное

- В) одномодовое кварцевое
- Г) пластиковое оптическое волокно

9. Что такое окно прозрачности оптического волокна?

- А) диапазон длин волн, в котором затухание минимально
- Б) диапазон температур, при котором волокно сохраняет свойства
- В) максимальная длина волокна без повторителей
- Г) область частот, где дисперсия равна нулю

10. Какие устройства обычно используются в качестве источников излучения в ВОС на дальние расстояния?

- А) светодиоды
- Б) полупроводниковые лазеры
- В) лампы накаливания
- Г) газоразрядные лампы

11. Какой из перечисленных эффектов ограничивает дальность передачи в волоконно-оптических системах?

- А) тепловое расширение волокна
- Б) хроматическая дисперсия
- В) эффект Комптона
- Г) радиоактивный распад примесей

12. К какой категории систем связи относятся волоконно-оптические линии?

- А) проводные (направляющие) системы
- Б) беспроводные системы
- В) радиорелейные линии
- Г) спутниковые системы

13. Какое из утверждений о волоконно-оптических системах верно?

- А) они подвержены электромагнитным помехам так же, как медные кабели
- Б) они обеспечивают высокую пропускную способность и низкий уровень потерь, что делает их предпочтительными для магистральных сетей
- В) они дешевле медных на коротких расстояниях
- Г) они не требуют герметизации

14. Что такое мультиплексирование с разделением по длине волны (WDM)?

- А) передача нескольких сигналов по одному волокну на разных длинах волн
- Б) передача нескольких сигналов по разным волокнам
- В) увеличение мощности сигнала
- Г) уменьшение дисперсии

15. Какой материал является основным для производства оптических волокон?

- А) полиэтилен
- Б) стекло (SiO_2)
- В) алюминий
- Г) медь

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение волоконно-оптической системы связи. Каковы её основные элементы и классификация?
2. Перечислите основные преимущества волоконно-оптических систем связи перед медными и радиосистемами. Каковы их ограничения?
3. Опишите историю развития волоконно-оптической связи. Какие ключевые изобретения и этапы выделяются?
4. Каковы физические основы распространения света в оптическом волокне? Что такое полное внутреннее отражение и числовая апертура?

5. Что такое мода в оптическом волокне? Чем отличаются одномодовые и многомодовые волокна? Объясните понятие нормализованной частоты.
6. Опишите механизмы затухания в оптических волокнах. Какие окна прозрачности используются в волоконно-оптических системах связи?
7. Что такое дисперсия в оптических волокнах? Какие виды дисперсии существуют и как они влияют на передачу сигнала?
8. Как устроено оптическое волокно? Опишите его основные конструктивные элементы (сердцевина, оболочка, покрытие).
9. Какие типы оптических волокон используются в системах связи? Опишите ступенчатые и градиентные многомодовые волокна, а также одномодовые волокна.
10. Какие источники излучения используются в волоконно-оптических системах? Сравните полупроводниковые лазеры и светодиоды по параметрам.
11. Какие фотоприёмники применяются в волоконно-оптических системах? Опишите принцип работы р-і-n-фотодиода и лавинного фотодиода.
12. Что такое оптические усилители и для чего они применяются? Опишите принцип работы эрбиевого волоконного усилителя.
13. Какие пассивные компоненты волоконно-оптических систем вам известны? Опишите соединители, разветвители, мультиплексоры и аттенюаторы.
14. Какие методы модуляции используются в волоконно-оптических системах? Чем отличаются прямая и внешняя модуляция?
15. Что такое мультиплексирование с разделением по длине волны и временное мультиплексирование? Как они позволяют увеличить пропускную способность?
16. Как рассчитывается энергетический бюджет волоконно-оптической линии связи? Какие потери учитываются при расчёте?
17. Какие методы диагностики и тестирования волоконно-оптических линий связи используются на практике? Что такое OTDR и рефлектометрия?
18. Что такое пассивные оптические сети? Опишите технологии FTTx и принципы построения PON.
19. Каковы принципы работы волоконно-оптических датчиков? Приведите примеры интерферометрических датчиков и волоконно-оптического гироскопа.
20. В чём состоят принципы квантовой криптографии в волоконно-оптических системах? Какие перспективные направления развития оптической связи можно выделить?

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. Скляров, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебное пособие для вузов / О. К. Скляров. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-507-47011-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/199922>

Дополнительная литература:

1. Семенов, А. Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС / А. Б. Семенов. — Москва: ДМК Пресс, 2009. — 632 с. — ISBN 5-98453-025-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/1144>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптические приборы в каналах синхротронного излучения»

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. Наименование дисциплины *«Оптические приборы в каналах синхротронного излучения»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Оптические приборы в каналах синхротронного излучения».*

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических компетенций в области физических принципов работы, проектирования и применения оптических приборов в каналах синхротронного излучения, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения прикладных задач при проведении экспериментов на современных синхротронных источниках.

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 основы свойств синхротронного излучения, принципы работы и проектирования оптических систем каналов, а также физико-математические подходы к расчёту и оптимизации параметров оптических элементов в условиях высоких тепловых и вакуумных нагрузок. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы физики для решения задач проектирования, моделирования и анализа эффективности оптических схем каналов, прогнозировать результаты использования таких систем для проведения междисциплинарных научных исследований. Владеть: методами расчёта и компьютерного моделирования оптических элементов и систем, способами оценки тепловых нагрузок и выбора режимов охлаждения, навыками интеграции оптических каналов в экспериментальные установки и интерпретации полученных данных.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина *«Оптические приборы в каналах синхротронного излучения»* представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Свойства синхротронного излучения и требования к оптическим системам	Предмет, задачи и место дисциплины в подготовке физика-исследователя. История развития синхротронных источников и оптических систем для каналов вывода. Основные свойства синхротронного излучения: высокая интенсивность, широкий спектральный диапазон, высокая степень поляризации, импульсный характер, малая угловая расходимость. Специфические требования к оптическим приборам, устанавливаемым в каналах синхротронного излучения и на экспериментальных станциях.
2	Источники синхротронного излучения и формирование пучка	Современные источники синхротронного излучения: накопительные кольца, источники третьего и четвертого поколений. Поворотные магниты, вигглеры и

		ондуляторы — способы генерации синхротронного излучения. Характеристики излучения в зависимости от типа источника. Формирование и транспорт пучка от источника к экспериментальной станции.
3	Оптические элементы каналов синхротронного излучения	Классификация оптических элементов. Принципы работы и расчёт оптических систем канала. Особенности работы с излучением в вакуумных и невакуумированных каналах.
4	Методы монохроматизации и фокусировки	Кристаллические монохроматоры. Зеркальные монохроматоры. Дифракционные решётки для мягкого рентгеновского и УФ-диапазонов. Многослойные зеркала для подавления высших дифракционных порядков. Методы фокусировки: сагиттальная и тангенциальная фокусировка. Системы фокусировки для формирования пучка с размерами от микрон до нанометров. Расчёт оптических схем на базе трассировки лучей.
5	Тепловые и вакуумные аспекты работы оптических элементов	Высокие тепловые нагрузки на оптические элементы при работе с интенсивными пучками синхротронного излучения. Способы охлаждения зеркал и монохроматоров. Использование кристаллов синтетического алмаза в качестве охлаждаемых монохроматоров. Требования к сверхвысокому вакууму в каналах. Материалы для оптических элементов, устойчивые к радиационному воздействию. Моделирование механических и тепловых нагрузок на оптические элементы.
6	Проектирование каналов синхротронного излучения и экспериментальных станций	Принципы построения каналов синхротронного излучения и экспериментальных станций. Оптическое согласование канала вывода с источником синхротронного излучения. Разработка проектов исследовательских станций. Реальные варианты оптических

		систем для эффективного использования синхротронного излучения в экспериментальных исследованиях. Методы диагностики пучка. Примеры реализации каналов для спектроскопических исследований, дифракционных методов, микроскопии и визуализации. Перспективные направления развития оптики синхротронных каналов.

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. Свойства синхротронного излучения и требования к оптическим системам.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Основные свойства синхротронного излучения. Специфические требования к оптическим приборам. Классификация оптических систем каналов вывода.

Тема 2: Источники синхротронного излучения и формирование пучка

Вопросы для обсуждения: Накопительные кольца и источники третьего и четвёртого поколений. Поворотные магниты, вигглеры и ондуляторы. Характеристики излучения. Формирование и транспорт пучка к экспериментальной станции.

Тема 3: Оптические элементы каналов синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Отклоняющие и фокусирующие зеркала. Многослойные рентгеновские зеркала. Кристаллические монохроматоры. Дифракционные решётки. Окна вывода излучения. Принципы работы и расчёт оптических систем.

Тема 4: Методы монохроматизации и фокусировки

Вопросы для обсуждения: Кристаллические монохроматоры. Зеркальные монохроматоры. Дифракционные решётки для мягкого рентгеновского и УФ-диапазонов. Многослойные зеркала. Сагитальная и тангенциальная фокусировка. Расчёт оптических схем на базе трассировки лучей.

Тема 5: Тепловые и вакуумные аспекты работы оптических элементов

Вопросы для обсуждения: Высокие тепловые нагрузки на оптические элементы. Способы охлаждения зеркал и монохроматоров. Требования к сверхвысокому вакууму. Материалы, устойчивые к радиационному воздействию. Моделирование тепловых нагрузок.

Тема 6: Проектирование каналов синхротронного излучения и экспериментальных станций

Вопросы для обсуждения: Принципы построения каналов. Оптическое согласование канала с источником. Разработка проектов исследовательских станций. Методы диагностики пучка. Примеры реализации каналов. Перспективные направления развития.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Свойства синхротронного излучения и требования к оптическим системам.

Вопросы для обсуждения: Анализ параметров синхротронного излучения. Оценка спектрального диапазона и степени поляризации. Определение требований к оптическим системам.

Тема 2: Источники синхротронного излучения и формирование пучка

Вопросы для обсуждения: Расчёт характеристик излучения для поворотных магнитов, вигглеров и ондуляторов. Моделирование формирования пучка. Оценка размера и расходимости пучка.

Тема 3: Оптические элементы каналов синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров отклоняющих и фокусирующих зеркал. Выбор материалов для оптических элементов. Расчёт пропускания окон вывода. Моделирование трассировки лучей.

Тема 4: Методы монохроматизации и фокусировки

Вопросы для обсуждения: Расчёт схем двухкристальных монохроматоров. Определение спектрального разрешения. Расчёт сагиттальной и тангенциальной фокусировки. Моделирование оптических схем на базе трассировки лучей.

Тема 5: Тепловые и вакуумные аспекты работы оптических элементов

Вопросы для обсуждения: Расчёт тепловых нагрузок на оптические элементы. Выбор способов охлаждения. Моделирование механических деформаций. Оценка радиационной стойкости материалов.

Тема 6: Проектирование каналов синхротронного излучения и экспериментальных станций

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы канала для заданного эксперимента. Выбор оптических элементов и расчёт их параметров. Оценка эффективности канала. Проектирование экспериментальной станции для спектроскопии, дифракции или микроскопии.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: свойства синхротронного излучения и требования к оптическим системам, типы источников, оптические элементы каналов, методы монохроматизации и фокусировки, тепловые и вакуумные аспекты работы оптических элементов, принципы проектирования каналов и экспериментальных станций.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт спектральных и поляризационных характеристик излучения для различных типов источников, расчёт параметров отклоняющих и фокусирующих зеркал, расчёт схем двухкристальных монохроматоров и спектрального разрешения, моделирование тепловых нагрузок и выбор способов охлаждения, трассировка лучей и оптическое согласование канала с источником, проектирование канала для конкретного эксперимента.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические принципы работы оптических элементов в каналах синхротронного излучения, методы диагностики пучка, особенности работы в условиях сверхвысокого вакуума и высоких тепловых нагрузок, расчёт эффективности каналов и выбор материалов для оптических компонентов, проектирование исследовательских станций для спектроскопии, дифракции и микроскопии.

декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Свойства синхротронного излучения и требования к оптическим системам	ОПК-2	Тестирование
Источники синхротронного излучения и формирование пучка	ОПК-2	Тестирование
Оптические элементы каналов синхротронного излучения	ОПК-2	Тестирование
Методы монохроматизации и фокусировки	ОПК-2	Тестирование
Тепловые и вакуумные аспекты работы оптических элементов	ОПК-2	Тестирование
Проектирование каналов синхротронного излучения и экспериментальных станций	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Свойства синхротронного излучения и требования к оптическим системам»:

1. Какое из перечисленных свойств является характерным для синхротронного излучения?

- А) монохроматичность
- Б) непрерывный спектр от инфракрасного до рентгеновского диапазона
- В) отсутствие поляризации
- Г) малая интенсивность

2. Какова угловая расходимость синхротронного излучения в вертикальной плоскости?

- А) несколько градусов
- Б) порядка миллирадиан (мрад)
- В) несколько микро радиан (мкрад)
- Г) практически нулевая

3. Какой тип поляризации преобладает у синхротронного излучения в плоскости орбиты?

- А) круговая
- Б) эллиптическая
- В) линейная (горизонтальная)
- Г) неполяризованное

4. Почему синхротронное излучение является импульсным?

- А) из-за вращения электронных сгустков в накопительном кольце
- Б) из-за колебаний магнитного поля
- В) из-за модуляции интенсивности лазером
- Г) из-за тепловых флуктуаций

5. Какое требование является критическим для оптических элементов, устанавливаемых в каналы синхротронного излучения?

- А) высокая температура плавления
- Б) устойчивость к радиационному повреждению и способность работать в сверхвысоком вакууме
- В) малая масса
- Г) низкая стоимость

6. Какова основная причина тепловых нагрузок на оптические элементы каналов синхротронного излучения?

- А) высокая температура окружающей среды
- Б) поглощение интенсивного пучка синхротронного излучения
- В) трение о пучок
- Г) электрический ток в проводниках

7. Какой материал чаще всего используется для окон вывода синхротронного излучения в рентгеновском диапазоне?

- А) кварц
- Б) алюминий
- В) бериллий
- Г) свинцовое стекло

8. Какая из оптических систем предназначена для выделения узкого спектрального интервала из широкого спектра синхротронного излучения?

- А) фокусирующее зеркало
- Б) отклоняющее зеркало
- В) монохроматор
- Г) интерферометр

9. Что такое ондулятор в контексте источников синхротронного излучения?

- А) устройство для поворота пучка электронов
- Б) магнитная структура с периодическим полем, создающая когерентное излучение высокой яркости
- В) устройство для охлаждения оптических элементов
- Г) детектор интенсивности пучка

10. Какое из утверждений о спектральной яркости синхротронного излучения верно?

- А) она ниже, чем у рентгеновских трубок
- Б) она на несколько порядков выше, чем у лабораторных источников
- В) она не зависит от энергии электронов
- Г) она максимальна в радиодиапазоне

11. Почему оптические элементы в каналах синхротронного излучения часто требуют охлаждения?

- А) из-за высокой температуры воздуха
- Б) из-за поглощения значительной части мощности пучка
- В) из-за трения о частицы
- Г) из-за нагрева от вакуумных насосов

12. Какое свойство синхротронного излучения используется для изучения динамики быстропротекающих процессов?

- А) высокая степень поляризации
- Б) непрерывность спектра
- В) импульсный характер с длительностью пикосекундных или субнаносекундных

вспышек

Г) малая расходимость

13. Что такое вигглер в синхротронном источнике?

А) устройство для фокусировки электронного пучка

Б) магнитная структура с большим периодом и сильным полем, генерирующая интенсивное излучение в жестком рентгеновском диапазоне

В) оптический элемент для отклонения пучка

Г) детектор фотонов

14. Какое требование предъявляется к точности изготовления зеркал для синхротронных каналов?

А) допуск порядка миллиметров

Б) допуск порядка микрометров и нанометров (субмикронная точность)

В) допуск порядка сантиметров

Г) точность не важна

15. Какое из перечисленных направлений использования синхротронного излучения требует высокой степени поляризации?

А) измерение спектров поглощения газов

Б) определение магнитных и структурных свойств материалов с помощью дихроизма

В) термический анализ

Г) калибровка детекторов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Перечислите основные свойства синхротронного излучения. Какие из них определяют требования к оптическим системам?
2. Каковы спектральный диапазон и угловая расходимость синхротронного излучения? Как эти параметры зависят от энергии электронов?
3. Объясните, почему синхротронное излучение имеет высокую степень поляризации. Какой тип поляризации преобладает в плоскости орбиты и над/под плоскостью?
4. Какие типы источников синхротронного излучения используются в современных накопительных кольцах? Чем отличаются поворотные магниты, вигглеры и ондуляторы?
5. Как формируется пучок синхротронного излучения от источника до экспериментальной станции? Какие элементы участвуют в его транспортировке?
6. Какие оптические элементы устанавливаются в каналах синхротронного излучения? Опишите назначение отклоняющих и фокусирующих зеркал.
7. Что такое многослойные рентгеновские зеркала и для чего они применяются?
8. Каковы принципы работы кристаллических монохроматоров? Опишите двухкристальную схему монохроматизации.
9. В чём отличие зеркальных монохроматоров от кристаллических? Где они применяются?
10. Какие методы фокусировки пучка синхротронного излучения существуют? Что такое сагиттальная и тангенциальная фокусировка?
11. Почему оптические элементы каналов испытывают высокие тепловые нагрузки? Каковы способы их охлаждения?
12. Какие материалы используются для изготовления зеркал и монохроматоров в синхротронных каналах? Почему требуется радиационная стойкость?
13. Каковы требования к вакууму в каналах синхротронного излучения и как они обеспечиваются?
14. Опишите, как проводится расчёт оптической схемы канала методом трассировки лучей. Какие параметры при этом учитываются?
15. Какие экспериментальные методы (спектроскопия, дифракция, микроскопия) реализуются на синхротронных станциях? Какие требования к оптике они предъявляют?

16. Что такое диагностика пучка в канале синхротронного излучения? Какими приборами она выполняется?
17. Как проектируется канал синхротронного излучения для конкретного эксперимента? Перечислите основные этапы.
18. Какие перспективные направления развития оптики синхротронных каналов можно выделить? (например, использование дифракционных оптических элементов, рентгеновских линз, фокусировка до нанометров)
19. В чём сложность работы оптических элементов в жестком рентгеновском диапазоне? Какие специальные решения применяются?
20. Разработайте общую схему канала для исследования магнитных материалов методом рентгеновского магнитного дихроизма. Какие оптические компоненты и монохроматор потребуются?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Фетисов, Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ: учебное пособие для вузов / Г. В. Фетисов; под редакцией Л. А. Асланова. — Москва: Физматлит, 2007. — 672 с. — ISBN 978-5-9221-0805-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2152

Дополнительная литература

1. Кульчин, Ю. Н. Ускорители заряженных частиц и синхротронное излучение: учебное пособие: в 2 частях / Ю. Н. Кульчин; Дальневосточный федеральный университет. — Владивосток: Издательство Дальневосточного федерального университета, 2021–2023.

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Фотоника молекул»

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. Наименование дисциплины «*Фотоника молекул*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Фотоника молекул».

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов фундаментальных знаний и практических компетенций в области фотоники молекул, включая физические принципы взаимодействия света с молекулами, фотофизические процессы, методы спектроскопии и нелинейно-оптические явления, необходимых 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-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 взаимодействия света с молекулярными системами, включая квантово-механическое описание оптических переходов, фотофизических процессов, механизмов переноса энергии и электрона, а также физико-математические методы анализа спектральных и нелинейно-оптических свойств молекул. Уметь: применять физико-математические знания для решения фундаментальных и прикладных задач в области фотоники молекул, интерпретировать спектральные данные, оценивать параметры возбуждённых состояний и эффективность переноса энергии, а также оперативно осуществлять поиск и критический анализ специализированной информации для обоснования выбора методов исследования. Владеть: навыками практического применения спектроскопических методов исследования молекулярных систем, методами расчёта и интерпретации оптических параметров, а также способами использования полученных знаний для решения задач наукоёмких технологий, включая разработку молекулярных оптоэлектронных устройств и сенсорных систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в фотонику молекул	Предмет, задачи и место фотоники молекул в современной физике. Основные понятия и определения. Классификация молекулярных систем и их оптических свойств. Связь с другими разделами физики, химии и биологии.
2	Электронная структура молекул и оптические переходы	Строение атомов и молекул. Электронные, колебательные и вращательные уровни энергии. Диаграмма Яблонского. Правила отбора. Поглощение света молекулами. Модели ангармонического осциллятора. Взаимодействие света с веществом на молекулярном уровне.
3	Фотофизические процессы в молекулах	Радиационные и безызлучательные переходы. Внутренняя и интеркомбинационная конверсия. Флуоресценция и фосфоресценция. Время жизни возбуждённого состояния и квантовый выход. Механизмы диссипации энергии. Экситоны и спин в молекулярных системах.

4	Перенос энергии и электрона в молекулярных системах	Резонансный перенос энергии Фёрстера. Обменный перенос энергии Декстера. Перенос электрона. Флуоресцентный резонансный перенос энергии и его применение. Окислительно-восстановительные фотохимические реакции.
5	Спектроскопия молекул	Стационарная и времяразрешённая оптическая спектроскопия. Электронно-колебательная спектроскопия. Спектроскопия поглощения, флуоресценции и фосфоресценции. Современные методы спектроскопии и их применение. Основы теории радиационных переходов.
6	Нелинейно-оптические свойства молекул	Молекулярные аспекты нелинейной оптики второго и третьего порядков. Донорно-акцепторные молекулы и перенос заряда. Генерация второй гармоники и другие нелинейные эффекты в молекулярных системах. Применение нелинейной оптики для изучения структуры молекул.
7	Применение фотоники молекул в наукоёмких технологиях	Органические светоизлучающие диоды. Органические фотоэлектрические устройства. Молекулярная электроника и фотоника. Фотонные сенсоры и биомедицинские приложения. Квантовые технологии на основе молекулярных систем. Перспективные направления развития.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Введение в фотонику молекул.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи фотоники молекул. Классификация молекулярных систем по оптическим свойствам. Связь с физикой, химией и биологией.

Тема 2: Электронная структура молекул и оптические переходы.

Вопросы для обсуждения: Электронные, колебательные и вращательные уровни. Диаграмма Яблонского. Правила отбора. Поглощение света и модели ангармонического осциллятора.

Тема 3: Фотофизические процессы в молекулах.

Вопросы для обсуждения: Радиационные и безызлучательные переходы. Внутренняя и интеркомбинационная конверсия. Флуоресценция, фосфоресценция, время жизни и квантовый выход. Экситоны и спин в молекулярных системах.

Тема 4: Перенос энергии и электрона в молекулярных системах.

Вопросы для обсуждения: Резонансный перенос энергии Фёрстера. Обменный перенос Декстера. Флуоресцентный резонансный перенос энергии. Перенос электрона и окислительно-восстановительные фотохимические реакции.

Тема 5: Спектроскопия молекул.

Вопросы для обсуждения: Стационарная и времяразрешённая спектроскопия. Спектроскопия поглощения, флуоресценции и фосфоресценции. Современные методы спектроскопии.

Тема 6: Нелинейно-оптические свойства молекул.

Вопросы для обсуждения: Молекулярная нелинейная оптика второго и третьего порядков. Донорно-акцепторные молекулы и перенос заряда. Генерация второй гармоники. Применение для изучения структуры.

Тема 7: Применение фотоники молекул в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Органические светоизлучающие диоды и фотоэлектрические устройства. Молекулярная электроника и фотоника. Фотонные сенсоры и биомедицинские приложения. Квантовые технологии на основе молекул.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в фотонику молекул.

Вопросы для обсуждения: Анализ оптических свойств молекулярных систем. Оценка характерных энергий и времён процессов.

Тема 2: Электронная структура молекул и оптические переходы.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергий электронных, колебательных и вращательных переходов. Определение правил отбора.

Тема 3: Фотофизические процессы в молекулах.

Вопросы для обсуждения: Расчёт квантового выхода и времени жизни. Анализ кинетических схем возбуждённых состояний.

Тема 4: Перенос энергии и электрона в молекулярных системах.

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективности переноса энергии по Фёрстеру. Определение параметров переноса электрона.

Тема 5: Спектроскопия молекул.

Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектров поглощения и флуоресценции. Расчёт стоковского сдвига и положения максимумов.

Тема 6: Нелинейно-оптические свойства молекул.

Вопросы для обсуждения: Оценка нелинейной восприимчивости молекул. Расчёт эффективности генерации второй гармоники.

Тема 7: Применение фотоники молекул в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров органических светодиодов и фотоэлементов. Моделирование молекулярных сенсоров и квантовых систем.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: предмет и задачи фотоники молекул, классификация молекулярных систем и их оптических свойств, электронная структура и оптические переходы, диаграмма Яблонского и правила отбора, радиационные и безызлучательные переходы, механизмы переноса энергии и электрона, основы стационарной и времяразрешённой спектроскопии, нелинейно-оптические свойства молекул, применение в органических светодиодах, фотоэлектрических устройствах, сенсорах и квантовых технологиях.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт энергий

электронных, колебательных и вращательных переходов, определение квантового выхода и времени жизни возбуждённого состояния, анализ кинетических схем заселения и релаксации уровней, расчёт эффективности переноса энергии по Фёрстеру и параметров переноса электрона, интерпретация спектров поглощения, оценка нелинейной восприимчивости и эффективности генерации второй гармоники, моделирование параметров органических светодиодов и сенсорных систем.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические основы фотоники молекул и связь со смежными областями, механизмы фотофизических процессов, методы спектроскопии и их применение, принципы переноса энергии и электрона, нелинейно-оптические свойства и их использование для изучения структуры молекул, принципы работы молекулярных оптоэлектронных устройств.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 фотонику молекул	ОПК-1	Тестирование
Электронная структура молекул и оптические переходы	ОПК-1	Тестирование
Фотофизические процессы в молекулах	ОПК-1	Тестирование
Перенос энергии и электрона в молекулярных системах	ОПК-1	Тестирование
Спектроскопия молекул	ОПК-1	Тестирование
Нелинейно-оптические свойства молекул	ОПК-1	Тестирование
Применение фотоники молекул 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 задания тестовых заданий:

1. Какой из перечисленных процессов приводит к появлению стоксова сдвига в спектрах флуоресценции?

- А) колебательная релаксация в возбуждённом состоянии
- Б) интеркомбинационная конверсия
- В) внутренняя конверсия
- Г) резонансный перенос энергии

2. При каком условии резонансный перенос энергии по Фёрстеру (FRET) происходит с максимальной эффективностью?

- А) когда перекрывание спектров эмиссии донора и поглощения акцептора минимально
- Б) когда расстояние между донором и акцептором значительно больше радиуса Фёрстера
- В) когда расстояние между донором и акцептором близко к радиусу Фёрстера, а ориентационный фактор близок к максимальному
- Г) когда время жизни донора в отсутствие акцептора минимально

3. В чём заключается принципиальное отличие обменного переноса энергии (по Декстеру) от диполь-дипольного переноса (по Фёрстеру)?

- А) перенос по Декстеру требует перекрывания волновых функций и происходит на больших расстояниях (> 10 нм)
- Б) перенос по Декстеру не требует спинового разрешения
- В) перенос по Декстеру доминирует при малых расстояниях (< 1 нм) и требует перекрывания орбиталей, а перенос по Фёрстеру — диполь-дипольное взаимодействие на расстояниях до ~ 10 нм
- Г) оба механизма одинаковы по природе

4. Какое из утверждений о времени жизни флуоресценции в конденсированных средах верно?

- А) время жизни всегда равно радиационному времени жизни, независимо от окружения
- Б) время жизни может уменьшаться из-за безызлучательных процессов, таких как внутренняя конверсия и интеркомбинационная конверсия, а также тушение
- В) время жизни увеличивается при повышении температуры
- Г) время жизни не зависит от показателя преломления среды

5. В спектроскопии молекул метод накачка–зондирование (pump-probe) позволяет:

- А) измерять только стационарные спектры поглощения
- Б) исследовать кинетику заселения и релаксации возбуждённых состояний с фемтосекундным временным разрешением
- В) определять только квантовый выход люминесценции
- Г) измерять только спектры комбинационного рассеяния

6. Какое из перечисленных явлений является проявлением нелинейно-оптического эффекта второго порядка в молекулярных системах?

- А) двухфотонное поглощение
- Б) генерация второй гармоники
- В) вынужденное комбинационное рассеяние
- Г) самофокусировка

7. Для донорно-акцепторных молекул с переносом заряда характерно:

- А) отсутствие сольватохромизма
- Б) сильная зависимость положения спектров поглощения и флуоресценции от полярности растворителя
- В) отсутствие дипольного момента в основном состоянии
- Г) постоянство квантового выхода во всех растворителях

8. Что происходит с квантовым выходом флуоресценции при увеличении скорости интеркомбинационной конверсии?

- А) увеличивается
- Б) уменьшается
- В) не изменяется
- Г) сначала увеличивается, затем уменьшается

9. Какой метод спектроскопии позволяет различать молекулы по времени их жизни в возбуждённом состоянии, даже если их спектры сильно перекрываются?

- А) стационарная спектроскопия поглощения
- Б) времяз разрешённая спектроскопия флуоресценции (FLIM)
- В) спектроскопия комбинационного рассеяния
- Г) инфракрасная спектроскопия

10. При каких условиях в молекулярных агрегатах возникает экситонное расщепление энергетических уровней?

- А) при слабом взаимодействии между молекулами
- Б) при сильном диполь-дипольном взаимодействии между молекулами, приводящем к делокализации возбуждения
- В) при отсутствии взаимодействия
- Г) только в присутствии внешнего магнитного поля

11. Какой процесс лежит в основе работы органических светоизлучающих диодов (OLED)?

- А) электролюминесценция, возникающая при рекомбинации инжектированных электронов и дырок в эмиссионном слое
- Б) фотолюминесценция под действием внешнего света
- В) хемилюминесценция
- Г) термолюминесценция

12. Почему молекулы с тяжёлыми атомами (например, содержащие йод или бром) часто проявляют интенсивную фосфоресценцию?

- А) из-за увеличения скорости внутренней конверсии
- Б) из-за усиления спин-орбитального взаимодействия, что увеличивает скорость интеркомбинационной конверсии
- В) из-за уменьшения времени жизни триплетного состояния
- Г) из-за увеличения квантового выхода флуоресценции

13. Какое из утверждений о двухфотонном поглощении верно?

- А) оно пропорционально интенсивности света в первой степени
- Б) оно требует виртуального промежуточного состояния и пропорционально квадрату интенсивности света
- В) оно происходит только при резонансе с реальным промежуточным уровнем
- Г) оно не зависит от длины волны

14. В фотохимических реакциях, инициируемых светом, квантовый выход реакции определяется как:

- А) отношение числа прореагировавших молекул к числу поглощённых фотонов
- Б) отношение числа поглощённых фотонов к числу прореагировавших молекул
- В) отношение интенсивности падающего света к интенсивности прошедшего
- Г) произведение константы скорости реакции на время жизни возбуждённого состояния

15. Какое из направлений является наиболее перспективным для использования молекулярных систем в квантовых технологиях?

- А) создание классических компьютеров на молекулярных транзисторах
- Б) использование одиночных молекул как источников одиночных фотонов и кубитов для квантовых вычислений и криптографии
- В) применение молекул только как инертных растворителей
- Г) использование молекул для хранения энергии

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение фотоники молекул. Каковы её предмет, задачи и место среди других наук?
2. Опишите электронную структуру молекул. Какие типы энергетических уровней (электронные, колебательные, вращательные) существуют и как они соотносятся по энергии?
3. Что такое диаграмма Яблонского? Какие процессы на ней отражены и как она помогает в интерпретации спектров?

4. Сформулируйте правила отбора для электронных переходов в молекулах. Какие переходы являются разрешёнными, а какие запрещёнными?
5. Что такое поглощение света молекулами? Какие характеристики полосы поглощения (положение, интенсивность, форма) определяются молекулярной структурой?
6. Опишите модель ангармонического осциллятора. Как она объясняет структуру колебательных прогрессий в спектрах?
7. Чем отличаются радиационные и безызлучательные переходы в молекулах? Приведите примеры тех и других.
8. Объясните процессы внутренней и интеркомбинационной конверсии. Как они влияют на квантовый выход люминесценции?
9. В чём отличие флуоресценции от фосфоресценции? Какие молекулярные характеристики определяют их проявление?
10. Что такое время жизни возбуждённого состояния и квантовый выход люминесценции? Как они связаны между собой?
11. Опишите механизм резонансного переноса энергии по Фёрстеру. Каковы условия его эффективности и как он используется в биологии и химии?
12. В чём суть обменного переноса энергии по Декстеру? Чем он принципиально отличается от переноса по Фёрстеру?
13. Что такое перенос электрона в молекулярных системах? Приведите примеры фотоиндуцированных окислительно-восстановительных реакций.
14. Какие методы стационарной и времяз разрешённой спектроскопии используются для исследования молекул? В чём их преимущества?
15. Как интерпретируются спектры поглощения и флуоресценции для определения стокового сдвига, положения максимумов и колебательной структуры?
16. В чём состоят нелинейно-оптические свойства молекул? Опишите генерацию второй гармоники и её использование для изучения молекулярной структуры.
17. Как донорно-акцепторные молекулы с переносом заряда проявляют сольватохромизм? Какие информативные параметры можно извлечь из таких спектров?
18. Каковы принципы работы органических светоизлучающих диодов? Какую роль в них играет фотоника молекул?
19. Приведите примеры применения молекулярных систем в сенсорах, биомедицинской диагностике и квантовых технологиях.
20. Назовите перспективные направления развития фотоники молекул. Какие научно-технические задачи могут быть решены с её помощью в ближайшем будущем?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Жукова, В. А. Молекулярная спектроскопия: учебное пособие / В. А. Жукова, Е. В. Воробьева, В. И. Никонов. — 2024. — 208 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/480494#1>

Дополнительная литература:

1. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учебное пособие для вузов. — 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>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптический неразрушающий контроль»

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. Наименование дисциплины «*Оптический неразрушающий контроль*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Оптический неразрушающий контроль».

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов системных знаний и практических компетенций в области оптических методов неразрушающего контроля, включая физические принципы их реализации и применения для диагностики материалов и изделий, необходимых для самостоятельной научно-исследовательской деятельности и решения задач обеспечения качества и безопасности 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 оптических методов неразрушающего контроля, включая взаимодействие оптического излучения с материалами и наноструктурами, принципы работы лазерных, фотонных и диагностических систем, а также современные подходы к обработке и интерпретации экспериментальных данных. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы физики для организации и проведения исследований в области оптического неразрушающего контроля, разрабатывать схемы и методики контроля различных объектов, обрабатывать и анализировать результаты измерений с оценкой достоверности, а также прогнозировать использование оптических методов для решения междисциплинарных задач обеспечения качества и безопасности в наукоёмких технологиях. Владеть: навыками самостоятельного планирования и проведения экспериментальных исследований с использованием оптического оборудования, методами цифровой обработки сигналов и изображений, приёмами статистического анализа

		и интерпретации данных, а также способами интеграции оптических методов контроля в комплексные исследовательские и технологические схемы для решения прикладных и междисциплинарных научных задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Оптический неразрушающий контроль*» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Фундаментальные основы наукоемких технологий	Роль фундаментальной физики в развитии наукоемких технологий. Классификация наукоемких технологий: лазерные, плазменные, нанотехнологии, квантовые, аддитивные, биомедицинские. Основные физические эффекты и явления, используемые в

		современных технологиях. Физика конденсированного состояния как основа материаловедения наукоемких технологий.
2	Материалы наукоемких технологий	Классификация современных материалов: полупроводниковые гетероструктуры, сверхпроводники, магнитные и мультиферроидные материалы, углеродные наноструктуры. Методы получения и исследования: эпитаксия, золь-гель технология, молекулярно-лучевая эпитаксия, нанолитография. Структурные и фазовые переходы в материалах. Процессы самоорганизации в нанотехнологиях.
3	Физика наноструктур и низкоразмерных систем	Особенности электронного спектра в квантовых ямах, нитях и точках. Баллистический транспорт и квантование проводимости. Экситонные эффекты в низкоразмерных структурах. Топологические изоляторы и их применение. Плазмонные и метаматериальные структуры. Спиновые явления в наноструктурах (спинтроника).
4	Лазерные и фотонные технологии	Физические принципы работы современных лазеров (твердотельные, волоконные, полупроводниковые, лазеры на квантовых точках). Фотонные интегральные схемы. Нелинейно-оптические методы преобразования частоты. Применение лазерных технологий в обработке материалов, медицинской диагностике и хирургии, высокоточной метрологии.
5	Квантовые технологии	Физические основы квантовой криптографии и квантовых вычислений. Источники одиночных фотонов и перепутанных состояний. Однофотонные детекторы. Кубиты на различных физических носителях. Квантовая сенсорика. Квантовые алгоритмы.
6	Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез	Физические процессы в низкотемпературной и высокотемпературной плазме. Методы удержания плазмы. Управляемый термоядерный синтез: токамаки, стеллараторы, лазерный

		синтез. Плазменные технологии в обработке материалов, микроэлектронике и медицине.
7	Современные методы диагностики и цифровые технологии в физике	Современное экспериментальное оборудование и методы исследования. Цифровые технологии в физике функциональных материалов. Математическое моделирование физических процессов. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта для обработки больших массивов экспериментальных данных.

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. Фундаментальные основы наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Роль фундаментальной физики в развитии наукоемких технологий. Классификация наукоемких технологий. Основные физические эффекты и явления, используемые в современных технологиях. Физика конденсированного состояния как основа материаловедения наукоемких технологий. Квантово-размерные и сверхпроводящие эффекты.

Тема 2: Материалы наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Классификация современных материалов. Полупроводниковые гетероструктуры и их свойства. Сверхпроводники и магнитные материалы. Углеродные наноструктуры. Методы получения материалов. Структурные и фазовые переходы. Процессы самоорганизации в нанотехнологиях.

Тема 3: Физика наноструктур и низкоразмерных систем

Вопросы для обсуждения: Особенности электронного спектра в квантовых ямах, нитях и точках. Баллистический транспорт и квантование проводимости. Экситонные эффекты в низкоразмерных структурах. Топологические изоляторы. Плазмонные и метаматериальные структуры. Спиновые явления в наноструктурах.

Тема 4: Лазерные и фотонные технологии

Вопросы для обсуждения: Физические принципы работы твердотельных, волоконных и полупроводниковых лазеров. Лазеры на квантовых точках. Фотонные интегральные схемы. Нелинейно-оптические методы преобразования частоты. Применение лазерных технологий в обработке материалов. Лазерные технологии в медицинской диагностике и хирургии. Лазерная метрология.

Тема 5: Квантовые технологии

Вопросы для обсуждения: Физические основы квантовой криптографии и квантовых вычислений. Источники одиночных фотонов и перепутанных состояний. Однофотонные детекторы. Кубиты на различных физических носителях. Квантовая сенсорика. Квантовые алгоритмы.

Тема 6: Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Вопросы для обсуждения: Физические процессы в низкотемпературной и высокотемпературной плазме. Методы удержания плазмы. Управляемый термоядерный синтез. Плазменные технологии в обработке материалов. Плазменные технологии в микроэлектронике и медицине.

Тема 7: Современные методы диагностики и цифровые технологии в физике

Вопросы для обсуждения: Современное экспериментальное оборудование и методы исследования. Цифровые технологии в физике функциональных материалов. Математическое моделирование физических процессов. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта для обработки больших массивов экспериментальных данных.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Фундаментальные основы наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Анализ взаимосвязи фундаментальных физических открытий и технологических применений. Оценка масштабов и характерных энергий для различных физических явлений. Расчёт энергии квантово-размерных эффектов.

Тема 2: Материалы наукоемких технологий

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров элементарной ячейки и плотности материалов. Анализ зонной структуры полупроводников. Определение ширины запрещённой зоны. Расчёт концентрации носителей. Сравнительный анализ свойств материалов. Расчёт параметров фазовых переходов.

Тема 3: Физика наноструктур и низкоразмерных систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт уровней энергии в квантовой яме. Определение эффективной массы носителей. Моделирование транспортных свойств. Расчёт энергии экситона. Оценка параметров плазмонных структур.

Тема 4: Лазерные и фотонные технологии

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии фотона и длины волны излучения. Оценка пороговых условий лазерной генерации. Расчёт эффективности преобразования частоты. Проектирование оптических схем для лазерных систем.

Тема 5: Квантовые технологии

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров однофотонных источников. Оценка вероятности ошибки в квантовых протоколах. Моделирование квантовых логических операций. Расчёт характеристик квантовых сенсоров.

Тема 6: Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров плазмы. Оценка критерия Лоусона. Расчёт энергии связи в ядрах. Моделирование плазменных процессов. Оценка эффективности термоядерных реакций.

Тема 7: Современные методы диагностики и цифровые технологии в физике

Вопросы для обсуждения: Обработка экспериментальных спектров. Применение методов цифровой фильтрации. Использование методов машинного обучения для классификации данных. Расчёт разрешающей способности диагностических методов. Визуализация многомерных данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: фундаментальные основы наукоемких технологий, классификация современных материалов и методы их получения, физика наноструктур и низкоразмерных систем, принципы работы лазеров и фотонных устройств, физические основы квантовых технологий, физика плазмы и управляемый термоядерный синтез, современные методы диагностики и цифровые технологии в физике.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт параметров квантово-размерных эффектов и зонной структуры, анализ транспортных свойств наноструктур, расчёт характеристик лазеров и нелинейно-оптических преобразователей, моделирование квантовых логических операций и параметров сенсоров, оценка параметров плазмы и условий термоядерного синтеза, обработка экспериментальных данных и применение методов машинного обучения.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: физические принципы работы устройств наукоемких технологий, взаимосвязь структуры и свойств материалов, методы расчёта параметров наноструктур и фотонных систем, анализ и интерпретация результатов моделирования и экспериментов, обоснование выбора материалов и технологий для конкретных задач, применение современных диагностических методов и цифровой обработки данных.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Фундаментальные основы наукоемких технологий	ОПК-2	Тестирование
Материалы наукоемких технологий	ОПК-2	Тестирование
Физика наноструктур и низкоразмерных систем	ОПК-2	Тестирование
Лазерные и фотонные технологии	ОПК-2	Тестирование
Квантовые технологии	ОПК-2	Тестирование
Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез	ОПК-2	Тестирование
Современные методы диагностики и цифровые технологии в физике	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Фундаментальные основы наукоемких технологий»

1. Что является основой большинства современных наукоемких технологий?

- А) достижения классической механики
- Б) фундаментальные физические открытия и их практическая реализация
- В) химические реакции органического синтеза
- Г) биологические процессы

2. Какая область физики служит фундаментом для материаловедения наукоемких технологий?

- А) ядерная физика
- Б) физика конденсированного состояния
- В) астрофизика
- Г) физика высоких энергий

3. Какое из перечисленных направлений относится к наукоемким технологиям?

- А) текстильное производство
- Б) лазерные технологии
- В) пищевая промышленность
- Г) деревообработка

4. Какое явление используется в квантово-размерных структурах для изменения энергетического спектра электронов?

- А) эффект Холла
- Б) квантовое ограничение
- В) сверхпроводимость
- Г) эффект Мёссбауэра

5. Какой физический эффект лежит в основе работы сверхпроводников?

- А) образование куперовских пар
- Б) квантовый эффект Холла
- В) эффект Джозефсона
- Г) эффект Зеемана

6. Что такое гетероструктура в полупроводниковой технологии?

- А) структура из одного материала
- Б) структура из двух или более различных полупроводниковых материалов
- В) структура с периодически изменяющейся диэлектрической проницаемостью
- Г) аморфная структура

7. Какое из явлений является проявлением квантово-размерного эффекта?

- А) классический закон Ома
- Б) дискретные уровни энергии в квантовой яме
- В) тепловое расширение
- Г) закон Стефана-Больцмана

8. Какой класс материалов обладает наибольшей проводимостью при комнатной температуре?

- А) сверхпроводники
- Б) полупроводники
- В) металлы
- Г) диэлектрики

9. Что такое топологический изолятор?

- А) материал, не проводящий ток ни при каких условиях
- Б) материал с проводящей поверхностью и изолирующей внутренней областью
- В) материал с нулевым сопротивлением
- Г) материал с отрицательной диэлектрической проницаемостью

10. Какое из направлений не относится к наукоемким технологиям?

- А) фотоника
- Б) спинтроника
- В) металлургия стали
- Г) плазменные технологии

11. Какое явление используется для создания плазмонных структур?

- А) коллективные колебания свободных электронов в металлах
- Б) фононные колебания
- В) оптическая активность
- Г) эффект Комптона

12. Что такое самоорганизация в нанотехнологиях?

- А) процесс искусственного создания структур с помощью литографии
- Б) спонтанное формирование упорядоченных структур из неупорядоченного состояния
- В) разрушение структур под действием внешних факторов
- Г) рост кристаллов из расплава

13. Какое из утверждений о квантовых точках верно?

- А) они имеют непрерывный спектр энергии
- Б) они имеют дискретный энергетический спектр, подобный атомам
- В) они не обладают квантовыми эффектами
- Г) они не взаимодействуют со светом

14. Какой метод не относится к методам получения наноструктур?

- А) молекулярно-лучевая эпитаксия
- Б) механическая обработка на токарном станке
- В) золь-гель технология
- Г) нанолитография

15. Какое из перечисленных направлений является перспективным для развития наукоемких технологий?

- А) развитие паровых двигателей
- Б) квантовые вычисления
- В) использование угля как основного источника энергии
- Г) ручная обработка материалов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение наукоемких технологий. Каковы их основные признаки и классификация?
2. Какова роль фундаментальной физики в развитии наукоемких технологий? Приведите примеры взаимосвязи физических открытий и технологических применений.
3. Опишите основные типы современных материалов, используемых в наукоемких технологиях (полупроводниковые гетероструктуры, сверхпроводники, магнитные материалы, углеродные наноструктуры).
4. Какие методы получения и исследования материалов используются в современном материаловедении? Опишите эпитаксию, золь-гель технологию, молекулярно-лучевую эпитаксию и нанолитографию.
5. Что такое структурные и фазовые переходы в материалах? Как они влияют на свойства материалов?
6. В чём суть процессов самоорганизации в нанотехнологиях? Приведите примеры.
7. Объясните особенности электронного спектра в квантовых ямах, нитях и точках. Как квантовое ограничение изменяет плотность состояний?
8. Что такое баллистический транспорт и квантование проводимости? Приведите примеры.

9. Опишите экситонные эффекты в низкоразмерных структурах. Как они влияют на оптические свойства?
10. Что такое топологические изоляторы? Каковы их уникальные свойства и перспективы применения?
11. Опишите плазмонные и метаматериальные структуры. Как они управляют светом на наноуровне?
12. Каковы физические принципы работы лазеров разных типов (твердотельные, волоконные, полупроводниковые, на квантовых точках)?
13. Что такое фотонные интегральные схемы? Каковы основные материалы и технологии их создания?
14. Опишите нелинейно-оптические методы преобразования частоты. Для каких целей они применяются?
15. В чём состоят физические основы квантовой криптографии и квантовых вычислений? Что такое кубиты и какие физические носители для них используются?
16. Каковы принципы работы источников одиночных фотонов и однофотонных детекторов? Где они применяются?
17. Опишите физические процессы в низкотемпературной и высокотемпературной плазме. Какие методы удержания плазмы существуют?
18. Что такое управляемый термоядерный синтез? Опишите принципы работы токамаков и стеллараторов.
19. Какие плазменные технологии используются в обработке материалов, микроэлектронике и медицине?
20. Какие современные методы диагностики (спектроскопия, микроскопия, дифракционные методы) применяются для исследования материалов и структур? Как цифровые технологии, машинное обучение и искусственный интеллект используются в физическом эксперименте?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

1. Поленов, Ю. В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник / Ю. В. Поленов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-4113-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207023>

Дополнительная литература:

1. Применение оптических и тепловых методов в неразрушающем контроле: практикум для магистров / Б. А. [и др.]. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015.

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Квантовые технологии»

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. Наименование дисциплины *«Квантовые технологии»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Квантовые технологии».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах, лежащих в основе квантовых технологий, включая квантовые вычисления, криптографию, сенсорику, метрологию и квантовые материалы, а также практических навыков применения современных подходов к проектированию, моделированию и экспериментальной реализации квантовых устройств и систем 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-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 законы квантовой механики, определяющие работу квантовых систем (суперпозиция, запутанность, декогеренция), основные алгоритмы квантовых вычислений, протоколы квантовой криптографии, принципы квантовой метрологии и сенсорики, а также современные физические платформы для реализации квантовых устройств и перспективные направления развития квантовых технологий. Уметь: применять теоретические и экспериментальные методы для анализа и моделирования квантовых систем, рассчитывать параметры квантовых устройств (кубиты, квантовые вентили, сенсоры), оценивать влияние шумов и декогеренции на квантовые вычисления, а также анализировать возможности практического применения квантовых технологий в различных областях (криптография, материаловедение, медицина, метрология). Владеть: навыками работы с программными симуляторами квантовых вычислений, методами анализа квантовых алгоритмов и протоколов, способами оценки точности и чувствительности квантовых сенсоров, а также

		приёмами критической оценки перспектив и ограничений квантовых технологий для решения прикладных задач в наукоёмких производствах.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы квантовых технологий	Квантовая механика как основа квантовых технологий. Постулаты квантовой механики, принцип неопределённости, суперпозиция состояний. Квантовая запутанность и её роль в квантовой информации. Кубит как основная единица квантовой информации. Отличие квантовых систем от классических.
2.	Квантовые вычисления	Модели квантовых вычислений. Квантовые вентили и квантовые схемы. Основные квантовые алгоритмы. Квантовое превосходство. Шум и декогеренция в квантовых вычислениях.

		Квантовая коррекция ошибок.
3.	Квантовая криптография и коммуникации	Квантовое распределение ключей. Физические основы защиты информации на основе законов квантовой механики. Квантовые повторители и квантовые сети. Квантовая телепортация. Практические реализации квантовых линий связи.
4.	Квантовые сенсоры и метрология	Принципы квантовой метрологии. Квантовые сенсоры на основе отдельных частиц и ансамблей. NV-центры в алмазе. Атомные интерферометры. Квантовые стандарты частоты и времени. Преимущества квантовых сенсоров перед классическими.
5.	Квантовые материалы и наноструктуры	Квантово-размерные эффекты в наноструктурах. Квантовые точки, квантовые ямы и квантовые проволоки. Двумерные материалы. Топологические изоляторы. Спинтроника. Квантовые материалы для квантовых вычислений.
6.	Экспериментальные реализации квантовых устройств	Основные физические платформы для реализации квантовых вычислений: сверхпроводящие кубиты, ионные ловушки, фотонные системы, квантовые точки, топологические системы. Квантовое отжигающее программирование. Методы считывания и управления квантовыми состояниями. Криогенные системы для квантовых устройств.
7.	Прикладные аспекты и перспективы квантовых технологий	Квантовое моделирование в физике конденсированного состояния, химии и материаловедении. Квантовые технологии в фармацевтике и медицине. Квантовый интернет. Текущие достижения и ограничения. Этические и социальные аспекты развития квантовых технологий. Перспективные направления и вызовы квантовой 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: Физические основы квантовых технологий

Вопросы для обсуждения: Постулаты квантовой механики, принцип суперпозиции, квантовая запутанность, кубит как единица квантовой информации. Отличие квантовых систем от классических. Принцип неопределённости и его роль в квантовых технологиях.

Тема 2: Квантовые вычисления

Вопросы для обсуждения: Модели квантовых вычислений, квантовые вентили и схемы.

Тема 3: Квантовая криптография и коммуникации

Вопросы для обсуждения: Физические основы защиты информации, квантовая телепортация. Квантовые повторители и сети. Практические реализации квантовых линий связи.

Тема 4: Квантовые сенсоры и метрология

Вопросы для обсуждения: Принципы квантовой метрологии, квантовые сенсоры на основе NV-центров в алмазе. Атомные интерферометры, квантовые стандарты частоты и времени. Преимущества квантовых сенсоров.

Тема 5: Квантовые материалы и наноструктуры

Вопросы для обсуждения: Квантово-размерные эффекты в наноструктурах, квантовые точки, ямы и проволоки. Двумерные материалы, топологические изоляторы. Спинтроника. Материалы для квантовых вычислений.

Тема 6: Экспериментальные реализации квантовых устройств

Вопросы для обсуждения: Платформы для квантовых вычислений. Квантовое отжиговое программирование. Методы считывания и управления состояниями. Криогенные системы.

Тема 7: Прикладные аспекты и перспективы квантовых технологий

Вопросы для обсуждения: Квантовое моделирование в физике, химии, материаловедении. Применение в медицине и фармацевтике. Квантовый интернет. Этические и социальные аспекты. Перспективы и вызовы квантовой индустрии.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы квантовых технологий

Вопросы для обсуждения: Расчёт состояний кубита. Моделирование квантовых вентилях. Решение задач на суперпозицию и запутанность. Построение квантовых схем в симуляторах.

Тема 2: Квантовые вычисления

Вопросы для обсуждения: Оценка сложности квантовых алгоритмов. Анализ влияния шума на квантовые вычисления.

Тема 3: Квантовая криптография и коммуникации

Вопросы для обсуждения: Оценка защищённости квантового распределения ключей. Анализ атак на квантовые коммуникации. Расчёт параметров квантовых сетей.

Тема 4: Квантовые сенсоры и метрология

Вопросы для обсуждения: Расчёт чувствительности квантовых сенсоров. Моделирование NV-центра в алмазе. Оценка точности квантовых стандартов частоты. Сравнение классических и квантовых сенсоров.

Тема 5: Квантовые материалы и наноструктуры

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетических уровней в квантовых точках. Анализ зонной структуры двумерных материалов. Моделирование спинтронных устройств. Оценка параметров топологических изоляторов.

Тема 6: Экспериментальные реализации квантовых устройств

Вопросы для обсуждения: Сравнение платформ для квантовых вычислений. Анализ методов считывания состояний. Оценка требований к криогенному обеспечению. Проектирование простейшей квантовой схемы.

Тема 7: Прикладные аспекты и перспективы квантовых технологий

Вопросы для обсуждения: Анализ кейсов квантового моделирования. Оценка коммерческого потенциала квантовых технологий. Обсуждение этических

проблем. Разработка концепции квантового проекта.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы квантовых технологий. Квантовые вычисления. Квантовая криптография и коммуникации. Квантовые сенсоры и метрология. Квантовые материалы и наноструктуры. Экспериментальные реализации квантовых устройств. Прикладные аспекты и перспективы квантовых технологий.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт чувствительности квантовых сенсоров. Расчёт энергетических уровней в квантовых точках и анализ зонной структуры двумерных материалов. Сравнение платформ для квантовых вычислений. Анализ кейсов квантового моделирования и оценка коммерческого потенциала.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Постулаты квантовой механики, суперпозиция, запутанность, кубит. Квантовые вентили и алгоритмы. Протоколы квантовой криптографии. Принципы квантовой метрологии и сенсорики. Квантово-размерные эффекты, квантовые точки, топологические изоляторы, спинтроника. Платформы для квантовых вычислений (сверхпроводящие кубиты, ионные ловушки, фотонные системы). Квантовое моделирование и перспективные направления.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 квантовых технологий	ПК-2	Тестирование
Квантовые вычисления	ПК-2	Тестирование
Квантовая криптография и коммуникации	ПК-2	Тестирование
Квантовые сенсоры и метрология	ПК-2	Тестирование
Квантовые материалы и наноструктуры	ПК-2	Тестирование
Экспериментальные реализации квантовых устройств	ПК-2	Тестирование
Прикладные аспекты и перспективы квантовых технологий	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Физические основы квантовых технологий»

1. Что является основной единицей квантовой информации?

- а) Бит
- б) Кубит
- в) Трит
- г) Квант

2. Какое свойство квантовой системы позволяет кубиту находиться одновременно в состояниях $|0\rangle$ и $|1\rangle$?

- а) Квантовая запутанность
- б) Принцип суперпозиции
- в) Квантовая интерференция
- г) Квантовое туннелирование

3. Что такое квантовая запутанность?

- а) Состояние, в котором квантовые системы коррелированы так, что состояние одной не может быть описано независимо от другой
- б) Состояние, в котором кубит находится одновременно в двух состояниях
- в) Процесс измерения квантового состояния
- г) Явление, при котором квантовая система теряет свою когерентность

4. Какой принцип утверждает невозможность одновременного точного измерения координаты и импульса частицы?

- а) Принцип суперпозиции
- б) Принцип дополнительности
- в) Принцип неопределённости Гейзенберга
- г) Принцип запрета Паули

5. Какое из перечисленных явлений является фундаментальным отличием квантовых систем от классических?

- а) Запутанность
- б) Суперпозиция
- в) Дискретность состояний
- г) Все перечисленные

6. Как обозначается стандартное состояние кубита $|0\rangle$ в сфере Блоха?

- а) Верхний полюс
- б) Нижний полюс
- в) Экватор
- г) Центр сферы

7. Что такое декогеренция?

- а) Процесс квантовых вычислений
- б) Потеря квантовой когерентности из-за взаимодействия с окружающей средой
- в) Квантовое кодирование информации
- г) Усиление квантового сигнала

8. Какой из перечисленных элементов является базовым в квантовых вычислениях?

- а) Транзистор
- б) Квантовый вентиль
- в) Операционный усилитель
- г) Логический элемент И-НЕ

9. Какое свойство квантовых систем используется для защиты информации в квантовой криптографии?

- а) Суперпозиция
- б) Невозможность клонирования квантового состояния

- в) Квантовая запутанность
 - г) Квантовая интерференция
10. **Что описывает волновая функция в квантовой механике?**
- а) Тракторию движения частицы
 - б) Амплитуду вероятности нахождения частицы в определённом состоянии
 - в) Энергию частицы
 - г) Импульс частицы
11. **Какой принцип лежит в основе квантовых вычислений?**
- а) Использование классических битов для параллельных вычислений
 - б) Использование квантовых состояний для выполнения операций над кубитами
 - в) Использование тепловых флуктуаций для генерации случайных чисел
 - г) Использование электромагнитных волн для передачи информации
12. **Что такое квантовая телепортация?**
- а) Перемещение физического объекта на большое расстояние
 - б) Передача квантового состояния между частицами без физического переноса
 - в) Создание копии квантового состояния
 - г) Измерение квантового состояния без его разрушения
13. **Какой из перечисленных эффектов является проявлением квантовой интерференции?**
- а) Увеличение интенсивности света при прохождении через щель
 - б) Сложение или вычитание амплитуд вероятности квантовых состояний
 - в) Изменение частоты света при отражении
 - г) Поляризация света
14. **Что такое кубит?**
- а) Квантовый аналог классического бита, способный находиться в суперпозиции состояний
 - б) Наименьшая единица классической информации
 - в) Устройство для измерения квантовых состояний
 - г) Алгоритм квантовых вычислений
15. **Какое из перечисленных утверждений о квантовых системах верно?**
- а) Квантовые системы всегда имеют определённые значения физических величин
 - б) Измерение квантовой системы, как правило, изменяет её состояние
 - в) Квантовые системы не могут быть запутаны
 - г) Квантовые системы описываются законами классической механики

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Постулаты квантовой механики как основа квантовых технологий. Принцип суперпозиции и его роль в квантовых вычислениях.
2. Что такое кубит? Отличие кубита от классического бита. Способы физической реализации кубитов.
3. Квантовая запутанность: определение, свойства, роль в квантовой информации и квантовых вычислениях.
4. Принцип неопределённости Гейзенберга и его влияние на квантовые измерения и метрологию.
5. Модели квантовых вычислений. Основные квантовые вентили и их матричное представление.
6. Квантовое распределение ключей: протокол BB84, принцип работы, стойкость к подслушиванию.

7. Протокол E91: использование запутанных состояний для квантовой криптографии, отличие от BB84.
8. Квантовая телепортация: физические основы, схема, роль классического канала и запутанных состояний.
9. Квантовые сенсоры: принципы работы, преимущества перед классическими сенсорами, примеры (NV-центры в алмазе, атомные интерферометры).
10. Квантовая метрология: стандарты частоты и времени, квантовые ограничения точности измерений.
11. Квантово-размерные эффекты в наноструктурах: квантовые точки, квантовые ямы, квантовые проволоки. Их свойства и применения.
12. Топологические изоляторы: определение, особенности электронного спектра, перспективы в квантовых технологиях.
13. Спинтроника: использование спина электрона для хранения и обработки информации, сравнение с зарядовой электроникой.
14. Основные физические платформы для квантовых вычислений: сверхпроводящие кубиты, ионные ловушки, фотонные системы. Сравнение характеристик.
15. Квантовое моделирование: применение квантовых компьютеров для моделирования физических, химических и биологических систем. Примеры.
16. Современное состояние и перспективы развития квантовых технологий. Основные вызовы (масштабирование, декогеренция, коммерциализация). Этические и социальные аспекты.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. 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. Иванов, В. К. Физика. Введение в квантовую физику: учебное пособие для вузов / В. К. Иванов. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 256 с. — ISBN 978-5-507-51582-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/450881>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Приложения магнитных 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. Наименование дисциплины *«Приложения магнитных материалов»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Приложения магнитных материалов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах, определяющих свойства современных магнитных материалов, и практических навыков их применения для решения прикладных задач в энергетике, биомедицине, информационных технологиях и других наукоёмких областях.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен 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 и фундаментальные закономерности, определяющие свойства и поведение магнитных материалов в различных условиях эксплуатации, современные технологические процессы их синтеза и обработки, методы расчёта и моделирования ключевых параметров устройств, а также подходы к оценке надёжности, диагностике и испытаниям разрабатываемых систем. Уметь: обоснованно выбирать магнитные материалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач, проводить расчёты и моделирование характеристик устройств, разрабатывать техническое задание и концепцию проекта с оценкой его реализуемости, рисков и коммерческого потенциала, а также анализировать вопросы надёжности, диагностики и испытаний разрабатываемых систем. Владеть: навыками проектирования элементов и устройств на основе современных магнитных материалов, методами расчёта и моделирования их характеристик, приёмами технико-экономического анализа и управления рисками при разработке проектов, способами оценки надёжности и организации испытаний магнитных систем и

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Приложения магнитных материалов» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), 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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Магнитное хранение информации: теория и термодинамика магнитокалорического эффекта.	Термодинамический подход к описанию магнитокалорического эффекта. Уравнения Максвелла. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Энтропия и её изменение в магнитокалорическом эффекте. Методы исследования магнитокалорических свойств.
2.	Магнитокалорические термодинамические циклы.	Общий подход к термодинамическим циклам. Обычные и регенеративные термодинамические циклы. Цикл каскадного охлаждения. Активный Магнитный Регенеративный цикл. Практические соображения к

		применению термодинамических циклов.
3.	Материалы для магнитокалорики.	Общий подход к выбору материалов для магнитокалорики. Материалы с магнитокалорическим эффектом близким к комнатной температуре. Материалы, подходящие для низкотемпературных применений. Улучшение гистерезисных свойств материалов. Мультикалорические материалы.
4.	Прототипы магнитокалорических устройств.	Теплообменники. Источники магнитного поля. Существующие прототипы магнитокалорических устройств.
5.	Магнитные микропровода и их практическое применение.	Микропровода и основные методы их изготовления. Аморфные микропровода и их свойства. Кристаллические и частично кристаллизованные микропровода и их свойства. Прикладные аспекты применения микропроводов. Прототипы функциональных устройств на основе микропроводов.
6.	Тонкоплёночные структуры с обменным смещением и возможности их применения.	Явление обменного смещения и его физические основы. Методики создания тонкоплёночных структур с обменным смещением. Способы исследования магнитных свойств тонкоплёночных структур с обменным смещением. Тонкоплёночные структуры с обменным смещением в сенсорике и прочих практических приложениях.
7.	Биологические приложения наночастиц и нанообъектов.	Наночастицы и основные методики синтеза. Функционализация наночастиц и нанообъектов для биологического применения. Магнитные наночастицы и нанообъекты в биосенсорике и терапии.
8.	Магнитооптика и магнитооптические методы исследования магнитных свойств.	Основные магнитооптические эффекты. Применение магнитооптических эффектов для статического и динамического исследования магнитных свойств образцов. Построение оптических схем для проведения измерений в различных конфигурациях.
9.	Магнитные МАХ-фазы и перспективы их применения.	МАХ-фазы и их основные функциональные свойства. Основные фундаментальные особенности и применения МАХ-фаз. Магнитные

		МАХ-фазы: проблемы синтеза и перспективы применения. МХены – производный класс от МАХ-фаз. Разбор практического кейса из области изучения магнитных МАХ-фаз.
10	Высокочувствительная магнитная сенсорика для биомедицинских приложений.	Применение магнитных объектов в качестве биосенсоров. Чувствительность биосенсоров на основе магнитных объектов.

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: Магнитное хранение информации: теория и термодинамика магнито-калорического эффекта..

Вопросы для обсуждения: Термодинамический подход к описанию магнитокалорического эффекта. Энтропия и её изменение в магнитокалорическом эффекте. Методы исследования магнитокалорических свойств.

Тема 2: Магнитокалорические термодинамические циклы.

Вопросы для обсуждения: Общий подход к термодинамическим циклам. Обычные и регенеративные циклы. Цикл каскадного охлаждения. Активный магнитный регенеративный цикл. Практические соображения к применению циклов.

Тема 3: Материалы для магнитокалорики.

Вопросы для обсуждения: Общий подход к выбору материалов. Материалы с МКЭ при комнатной температуре. Материалы для низкотемпературных применений. Улучшение гистерезисных свойств. Мультикалорические материалы.

Тема 4: Прототипы магнитокалорических устройств.

Вопросы для обсуждения: Теплообменники. Источники магнитного поля. Существующие прототипы магнитокалорических устройств.

Тема 5: Магнитные микропровода и их практическое применение.

Вопросы для обсуждения: Основные методы изготовления микропроводов. Аморфные микропровода и их свойства. Кристаллические и частично кристаллизованные микропровода. Прикладные аспекты. Прототипы устройств на основе микропроводов.

Тема 6: Тонкоплёночные структуры с обменным смещением и возможности их применения.

Вопросы для обсуждения: Явление обменного смещения и его физические основы. Методики создания структур. Способы исследования магнитных свойств. Применение в сенсорике и других областях.

Тема 7: Биологические приложения наночастиц и нанообъектов.

Вопросы для обсуждения: Наночастицы и методики синтеза. Функционализация для биологического применения. Магнитные наночастицы в биосенсорике и терапии.

Тема 8: Магнитооптика и магнитооптические методы исследования магнитных свойств.

Вопросы для обсуждения: Основные магнитооптические эффекты. Применение для статического и динамического исследования магнитных свойств. Построение оптических схем для измерений.

Тема 9: Магнитные МАХ-фазы и перспективы их применения.

Вопросы для обсуждения: МАХ-фазы и их основные свойства. Фундаментальные особенности и применения. Магнитные МАХ-фазы: проблемы синтеза и перспективы.

Тема 10: Высокочувствительная магнитная сенсорика для биомедицинских приложений.

Вопросы для обсуждения: Применение магнитных объектов в качестве биосенсоров. Чувствительность биосенсоров на основе магнитных объектов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Магнитное хранение информации: теория и термодинамика магнито-калорического эффекта.

Вопросы для обсуждения: Расчёт изменения энтропии и адиабатической температуры по экспериментальным данным. Построение кривых намагниченности и теплоёмкости. Оценка магнитокалорического эффекта для заданных материалов.

Тема 2: Магнитокалорические термодинамические циклы.

Вопросы для обсуждения: Расчёт КПД магнитного регенеративного цикла. Моделирование каскадного охлаждения. Анализ влияния параметров цикла на эффективность. Сравнение различных циклов.

Тема 3: Материалы для магнитокалорики.

Вопросы для обсуждения: Анализ таблиц магнитокалорических материалов. Выбор материала для заданного температурного интервала. Оценка влияния гистерезиса на эффективность. Построение фазовых диаграмм.

Тема 4: Прототипы магнитокалорических устройств.

Вопросы для обсуждения: Проектирование теплообменника для магнитокалорического устройства. Расчёт магнитного поля. Оценка мощности и эффективности прототипа.

Тема 5: Магнитные микропровода и их практическое применение.

Вопросы для обсуждения: Обработка данных магнитных измерений микропроводов. Расчёт магнитоимпедансного эффекта. Выбор микропровода для сенсора. Моделирование магнитоэлектрических свойств.

Тема 6: Тонкоплёночные структуры с обменным смещением и возможности их применения.

Вопросы для обсуждения: Построение кривых намагниченности для структур с обменным смещением. Оценка поля обменного смещения. Анализ влияния толщины слоёв. Разработка сенсора на основе обменного смещения.

Тема 7: Биологические приложения наночастиц и нанообъектов.

Вопросы для обсуждения: Синтез магнитных наночастиц по заданным параметрам. Функционализация поверхности. Оценка токсичности и биосовместимости. Моделирование гипотермии.

Тема 8: Магнитооптика и магнитооптические методы исследования магнитных свойств.

Вопросы для обсуждения: Обработка данных магнитооптических измерений. Определение постоянной Верде. Построение гистерезисных петель. Настройка оптической схемы для магнитооптики.

Тема 9: Магнитные МАХ-фазы и перспективы их применения.

Вопросы для обсуждения: Анализ структурных данных МАХ-фаз.

Тема 10: Высокочувствительная магнитная сенсорика для биомедицинских приложений.

Вопросы для обсуждения: Калибровка магнитных биосенсоров. Оценка предела обнаружения. Моделирование сигнала для биомаркеров. Сравнение

чувствительности различных типов сенсоров.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Термодинамика магнитокалорического эффекта. Магнитокалорические термодинамические циклы. Материалы для магнитокалорики. Прототипы магнитокалорических устройств. Магнитные микропровода и их свойства. Тонкоплёночные структуры с обменным смещением. Биологические приложения наночастиц. Магнитооптические методы исследования. Магнитные МАХ-фазы. Высокочувствительная магнитная сенсорика.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт изменения энтропии и адиабатической температуры. Построение кривых намагниченности и теплоёмкости. Проектирование теплообменника. Обработка данных магнитных измерений микропроводов. Расчёт магнитоимпедансного эффекта. Построение кривых намагниченности для структур с обменным смещением. Синтез и функционализация магнитных наночастиц. Обработка магнитооптических данных. Анализ структурных данных МАХ-фаз. Калибровка магнитных биосенсоров.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термодинамика магнитокалорического эффекта. Регенеративные и каскадные циклы. Активный магнитный регенеративный цикл. Материалы с МКЭ при комнатной температуре. Мультикалорические материалы. Прототипы магнитокалорических устройств. Аморфные и кристаллические микропровода. Обменное смещение в тонких плёнках. Магнитные наночастицы в биомедицине. Магнитооптические эффекты.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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
Магнитное хранение информации: теория и термодинамика магнитокалорического эффекта.	ПК-2	Тестирование
Магнитокалорические термодинамические циклы.	ПК-2	Тестирование
Материалы для магнитокалорики.	ПК-2	Тестирование
Прототипы магнитокалорических устройств.	ПК-2	Тестирование
Магнитные микропровода и их практическое применение.	ПК-2	Тестирование
Тонкоплёночные структуры с обменным смещением и	ПК-2	Тестирование

возможности их применения.		
Биологические приложения наночастиц и нанообъектов.	ПК-2	Тестирование
Магнитооптика и магнитооптические методы исследования магнитных свойств.	ПК-2	Тестирование
Магнитные МАХ-фазы и перспективы их применения.	ПК-2	Тестирование
Высококчувствительная магнитная сенсорика для биомедицинских приложений.	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Магнитное хранение информации: теория и термодинамика магнитокалорического эффекта.»

1. Что такое магнитокалорический эффект (МКЭ)?

- а) Изменение температуры магнетика при намагничивании и размагничивании в адиабатических условиях
- б) Изменение объёма магнетика при намагничивании
- в) Изменение электропроводности магнетика при намагничивании
- г) Изменение цвета магнетика при намагничивании

2. Какой термодинамический потенциал наиболее удобен для описания магнитокалорического эффекта?

- а) Энтальпия
- б) Внутренняя энергия
- в) Свободная энергия Гельмгольца
- г) Энтропия

3. Какое из уравнений Максвелла используется для описания магнитокалорического эффекта?

- а) Уравнение, связывающее изменение энтропии с изменением намагниченности при постоянной температуре
- б) Уравнение, связывающее изменение давления с изменением объёма
- в) Уравнение, связывающее изменение температуры с изменением давления
- г) Уравнение, связывающее изменение электрического поля с изменением магнитного поля

4. Что такое энтропия в контексте магнитокалорического эффекта?

- а) Мера беспорядка в кристаллической решётке
- б) Сумма магнитной и решёточной энтропий
- в) Мера упорядоченности магнитных моментов
- г) Только решёточная энтропия

5. Какое соотношение описывает изменение температуры магнетика при изменении магнитного поля в адиабатических условиях?

- а) Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
- б) Уравнение Ван-дер-Ваальса
- в) Закон Кюри-Вейсса
- г) Закон Видемана-Франца

6. Какой метод измерения является прямым для исследования магнитокалорического эффекта?

- а) Измерение намагниченности в изотермических условиях

- б) Измерение температуры в адиабатических условиях
- в) Измерение теплоёмкости при постоянном поле
- г) Измерение электропроводности

7. Какая составляющая энтропии изменяется при намагничивании ферромагнетика?

- а) Только решёточная энтропия
- б) Только электронная энтропия
- в) Магнитная энтропия (спиновая)
- г) Только ядерная энтропия

8. Какое из перечисленных уравнений является термодинамическим тождеством для магнитных систем?

- а) $dU = TdS + HdM$
- б) $dU = TdS - pdV$
- в) $dU = TdS - HdM$
- г) $dU = TdS + pdV + HdM$

9. Что такое адиабатическое изменение температуры при МКЭ?

- а) Изменение температуры при постоянном магнитном поле
- б) Изменение температуры при постоянной энтропии
- в) Изменение температуры при постоянном давлении
- г) Изменение температуры при постоянной намагниченности

10. Какой метод исследования магнитокалорических свойств основан на измерении теплоёмкости?

- а) Метод прямого измерения температуры
- б) Метод косвенного расчёта МКЭ по данным теплоёмкости и намагниченности
- в) Метод измерения магнитной восприимчивости
- г) Метод рентгеноструктурного анализа

11. Какое из перечисленных уравнений является аналогом уравнения Клапейрона-Клаузиуса для магнитных систем?

- а) Уравнение, связывающее изменение поля с изменением температуры при фазовом переходе
- б) Уравнение состояния идеального газа
- в) Закон Ома для магнитных цепей
- г) Уравнение теплопроводности

12. Как изменяется магнитная энтропия при намагничивании ферромагнетика вблизи температуры Кюри?

- а) Увеличивается
- б) Уменьшается
- в) Не изменяется
- г) Изменяется немонотонно

13. Что такое изотермическое изменение энтропии при МКЭ?

- а) Изменение энтропии при постоянной температуре
- б) Изменение энтропии при постоянном поле
- в) Изменение энтропии при постоянном давлении
- г) Изменение энтропии при постоянной намагниченности

14. Какой термодинамический цикл наиболее эффективен для магнитного охлаждения?

- а) Цикл Карно
- б) Цикл Брайтона
- в) Активный магнитный регенеративный цикл
- г) Цикл Ренкина

15. Какая физическая величина определяет эффективность магнитокалорического материала?

- а) Значение магнитокалорического эффекта (ΔT_{ad} и ΔS_m)
- б) Только температура Кюри
- в) Только удельное сопротивление
- г) Только плотность материала

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение магнитокалорическому эффекту (МКЭ). В чем заключается его физическая сущность?
2. Опишите термодинамический подход к описанию магнитокалорического эффекта. Какие термодинамические потенциалы используются?
3. Запишите и поясните уравнения Максвелла для магнитных систем. Как они связаны с магнитокалорическим эффектом?
4. Что такое уравнение Клапейрона-Клаузиуса и как оно применяется для описания магнитокалорического эффекта?
5. Объясните, что такое энтропия в контексте магнитокалорического эффекта. Из каких составляющих она складывается?
6. Какие методы исследования магнитокалорических свойств существуют? В чем отличие прямых и косвенных методов?
7. Что такое адиабатическое изменение температуры и изотермическое изменение энтропии при МКЭ? Как они связаны между собой?
8. Опишите общий подход к термодинамическим циклам в магнитокалорике. Какие типы циклов существуют?
9. В чем отличие обычных и регенеративных термодинамических циклов? Когда применяются регенеративные циклы?
10. Что такое активный магнитный регенеративный цикл (AMR)? В чем его преимущества?
11. Опишите цикл каскадного охлаждения. Для каких задач он применяется?
12. Какие материалы обладают магнитокалорическим эффектом, близким к комнатной температуре? Приведите примеры.
13. Какие материалы подходят для низкотемпературных применений магнитокалорики? Назовите их особенности.
14. Что такое мультикалорические материалы? В чем их преимущество перед обычными магнитокалориками?
15. Как можно улучшить гистерезисные свойства магнитокалорических материалов?
16. Опишите основные элементы прототипов магнитокалорических устройств (теплообменники, источники магнитного поля).
17. Какие существуют прототипы магнитокалорических устройств? Приведите примеры.
18. Что такое магнитные микропровода? Каковы основные методы их изготовления?
19. Каковы свойства аморфных и кристаллических микропроводов? Где они применяются?
20. В чем заключается явление обменного смещения и где оно используется?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Мирошкин, В. П. Магнитные материалы и приборы. Практикум: учебное пособие для вузов / В. П. Мирошкин, К. Г. Гареев. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 80 с. — ISBN 978-5-507-48499-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/385799#2>

Дополнительная литература:

1. Сабирова, Ф. М. Физика. Электричество и магнетизм: учебное пособие для вузов / Ф. М. Сабирова, З. А. Латипов. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 112 с. — ISBN 978-5-507-48069-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362879>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аддитивные технологии»

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. Наименование дисциплины *«Аддитивные технологии»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Аддитивные технологии».

Цель изучения дисциплины:

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен 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: Уметь: Владеть:

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в аддитивное производство. Основные отличительные свойства аддитивных технологий.	Определение аддитивных технологий. История трёхмерной печати. Основные отрасли применения.
2.	Классификация технологий трёхмерной печати.	Методы, основанные на экструзии материалов. Струйные методы. Методы струйного нанесения связующего вещества. Методы фотополимеризации в ванне. Методы сплавления материала в заранее сформированном порошковом слое. Методы нанесения с прямым подводом энергии.
3.	Основное программное обеспечение для трёхмерной печати.	Построение при помощи компьютера: моделирование твёрдого тела. Моделирование поверхностей. Скульптурирование.
4.	Создание и подготовка трёхмерного объекта.	3D-сканирование. Фотограмметрия. Обработка краев модели. Программное обеспечение для исправления ошибок компьютерной модели объекта. Процедура слайсинга. Симуляции в трёхмерной печати.
5.	Экструзионные методы трёхмерной печати.	Методы осаждения расплавом и особенности построения объектов. Робокастинг. Метод электроспиннинга расплава. Используемые материалы и области применения. Преимущества и недостатки методов.
6.	Порошковые методы трёхмерной печати.	Основные методы порошковой печати: SLS, SLM/DMLS/DMP, LENS/DMT, MJF, EBM и особенности построения объектов. Используемые материалы и области применения. Преимущества и недостатки методов. Пост-обработка.
7.	Струйные методы трёхмерной печати.	Основные методы струйной печати: MJ, BJ, NPJ, DOD и особенности построения объектов. Используемые материалы и области применения. Преимущества и недостатки методов.

8.	Трёхмерная био-печать.	Построение скаффолдов. Капельная био-печать. Метод печати био-чернилами. Экструзионная био-печать.
9.	Многостадийная и непрерывная трёхмерная печать с помощью фотополимеризации.	Основные методы многостадийной печати с помощью фотополимеризации: SLA, DLP, μ SL и особенности построения объектов. Основные методы непрерывной печати с помощью фотополимеризации: непрерывная печать на границе жидкой фазы, печать с помощью двухфотонной фотополимеризации и особенности построения объектов. Основные физические принципы методов, подходы bottom-up и top-down. Используемые материалы и области применения. Преимущества и недостатки методов.
10.	Литографические и гибридные методы печати.	Основные гибридные методы микрофабрикации на основе литографии: MICA, EFAB и особенности построения объектов. Используемые материалы и области применения. Преимущества и недостатки методов.
11.	Электроосаждение ионов в жидкости.	Основные методы печати на основе электроосаждения ионов в жидкости: FluidFM, SICM, Meniscus printing и особенности построения объектов. Используемые материалы и области применения. Преимущества и недостатки методов.
12.	Осаждение, индуцированное сфокусированным ионным пучком.	Устройство экспериментальной установки, позволяющей получать сфокусированные ионные пучки. Основные методы печати на основе осаждения, индуцированного сфокусированным ионным пучком: FEBID, Cryo-FEBID, FIBID и особенности построения объектов. FEBID-симуляция. Используемые материалы и области применения. Преимущества и недостатки методов. Технологии улучшения качества получаемых изделий.

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 аддитивное производство. Основные отличительные свойства аддитивных технологий.

Вопросы для обсуждения: Определение аддитивных технологий. История трёхмерной печати. Основные отрасли применения. Отличия аддитивных

технологий от субтрактивных методов производства.

Тема 2: Классификация технологий трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Методы, основанные на экструзии материалов. Струйные методы. Методы струйного нанесения связующего вещества. Методы фотополимеризации в ванне. Методы сплавления материала в порошковом слое. Методы нанесения с прямым подводом энергии.

Тема 3: Основное программное обеспечение для трёхмерной печати

Вопросы для обсуждения: Моделирование твёрдого тела. Моделирование поверхностей. Скульптурирование. Форматы файлов для 3D-печати (STL, OBJ, AMF). Слайсеры и их функции.

Тема 4: Создание и подготовка трёхмерного объекта.

Вопросы для обсуждения: 3D-сканирование. Фотограмметрия. Обработка краев модели. Исправление ошибок компьютерной модели. Процедура слайсинга. Симуляции в трёхмерной печати.

Тема 5: Экструзионные методы трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Метод осаждения расплавом (FDM/FFF). Робокастинг. Электроспиннинг расплава. Используемые материалы. Преимущества и недостатки. Пост-обработка.

Тема 6: Порошковые методы трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Методы SLS, SLM/DMLS, LENS/DMT, MJF, EBM. Особенности построения объектов. Используемые материалы. Преимущества и недостатки. Пост-обработка.

Тема 7: Струйные методы трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Методы MJ, BJ, NPJ, DOD. Особенности построения объектов. Используемые материалы. Преимущества и недостатки.

Тема 8: Трёхмерная био-печать.

Вопросы для обсуждения: Построение скаффолдов. Капельная био-печать. Метод печати био-чернилами. Экструзионная био-печать. Используемые биоматериалы. Применение в тканевой инженерии и регенеративной медицине.

Тема 9: Многостадийная и непрерывная трёхмерная печать с помощью фотополимеризации.

Вопросы для обсуждения: Методы SLA, DLP, μ SL. Непрерывная печать на границе жидкой фазы. Двухфотонная фотополимеризация. Подходы bottom-up и top-down. Используемые материалы. Преимущества и недостатки.

Тема 10: Литографические и гибридные методы печати.

Вопросы для обсуждения: Гибридные методы микрофабрикации на основе литографии: MICA, EFAB. Особенности построения объектов. Используемые материалы. Преимущества и недостатки.

Тема 11: Электроосаждение ионов в жидкости.

Вопросы для обсуждения: Методы FluidFM, SICM, Meniscus printing. Особенности построения объектов. Используемые материалы. Преимущества и недостатки.

Тема 12: Осаждение, индуцированное сфокусированным ионным пучком.

Вопросы для обсуждения: Устройство экспериментальной установки для получения сфокусированных ионных пучков. Методы FEBID, Cryo-FEBID, FIBID. FEBID-симуляция. Используемые материалы. Технологии улучшения качества изделий.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в аддитивное производство. Основные отличительные свойства аддитивных технологий.

Вопросы для обсуждения: Сравнение аддитивных и субтрактивных технологий. Анализ областей применения. Оценка экономической эффективности.

Тема 2: Классификация технологий трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Заполнение сравнительной таблицы методов по принципу действия, материалам, точности и производительности. Выбор технологии для конкретной задачи.

Тема 3: Основное программное обеспечение для трёхмерной печати

Вопросы для обсуждения: Работа с CAD-программами. Экспорт и импорт файлов. Настройка слайсера. Подготовка модели к печати (ориентация, поддержки).

Тема 4: Создание и подготовка трёхмерного объекта.

Вопросы для обсуждения: Обработка 3D-сканов. Исправление ошибок сетки. Оптимизация модели для печати. Расчёт времени и стоимости печати.

Тема 5: Экструзионные методы трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Настройка параметров печати (температура, скорость, заполнение). Выбор материалов. Диагностика и устранение дефектов.

Тема 6: Порошковые методы трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Анализ влияния параметров лазера на качество изделия. Выбор порошковых материалов. Оценка пористости и механических свойств.

Тема 7: Струйные методы трёхмерной печати.

Вопросы для обсуждения: Настройка струйной печати. Выбор чернил и подложек. Контроль разрешения и точности.

Тема 8: Трёхмерная био-печать.

Вопросы для обсуждения: Подбор био-чернил для заданной ткани. Настройка параметров печати скаффолдов. Оценка жизнеспособности клеток.

Тема 9: Многостадийная и непрерывная трёхмерная печать с помощью фотополимеризации.

Вопросы для обсуждения: Выбор фотополимера. Настройка параметров экспозиции. Оценка точности и качества поверхности. Сравнение SLA и DLP.

Тема 10: Литографические и гибридные методы печати.

Вопросы для обсуждения: Проектирование микроструктур. Анализ разрешающей способности. Выбор метода для конкретной микрофабрикационной задачи.

Тема 11: Электроосаждение ионов в жидкости.

Вопросы для обсуждения: Настройка параметров осаждения. Выбор электролитов. Контроль морфологии осаждённых структур. Оценка проводимости и адгезии.

Тема 12: Осаждение, индуцированное сфокусированным ионным пучком.

Вопросы для обсуждения: Настройка параметров ионного пучка. Выбор газов-прекурсоров. Анализ разрешения и скорости осаждения. Оценка чистоты осаждённого материала.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в аддитивное производство. Классификация технологий трёхмерной печати. Программное обеспечение для 3D-печати. Создание и подготовка 3D-объекта. Экструзионные методы. Порошковые методы.

Струйные методы. Трёхмерная био-печать. Фотополимеризация. Литографические и гибридные методы. Электроосаждение ионов в жидкости. Осаждение, индуцированное сфокусированным ионным пучком.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Сравнение аддитивных и субтрактивных технологий. Выбор технологии 3D-печати для конкретной задачи. Работа с САД-программами и слайсерами. Настройка параметров печати. Обработка 3D-сканов. Расчёт времени и стоимости печати. Диагностика и устранение дефектов печати. Подбор материалов для различных методов. Настройка параметров лазера и ионного пучка. Оценка качества и точности изделий.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Определение и классификация аддитивных технологий. Основные методы 3D-печати. Программное обеспечение и подготовка моделей. Материалы для 3D-печати. Пост-обработка изделий. Трёхмерная био-печать. Литографические методы. Электроосаждение ионов. Осаждение, индуцированное ионным пучком. Преимущества и недостатки различных методов. Области применения аддитивных технологий.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в аддитивное производство. Основные отличительные свойства аддитивных технологий.	ПК-2	Тестирование
Классификация технологий трёхмерной печати.	ПК-2	Тестирование
Основное программное обеспечение для трёхмерной печати.	ПК-2	Тестирование
Создание и подготовка трёхмерного объекта.	ПК-2	Тестирование
Экструзионные методы трёхмерной печати.	ПК-2	Тестирование
Порошковые методы трёхмерной печати.	ПК-2	Тестирование
Струйные методы трёхмерной печати.	ПК-2	Тестирование
Трёхмерная био-печать.	ПК-2	Тестирование
Многостадийная и непрерывная трёхмерная печать с помощью фотополимеризации.	ПК-2	Тестирование

Литографические и гибридные методы печати.	ПК-2	Тестирование
Электроосаждение ионов в жидкости.	ПК-2	Тестирование
Осаждение, индуцированное сфокусированным ионным пучком.	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Введение в аддитивное производство. Основные отличительные свойства аддитивных технологий»

1. Что такое аддитивные технологии?

- а) Методы обработки материалов путем удаления лишнего объема
- б) Методы создания объектов путем послойного наращивания материала
- в) Методы литья материалов в формы
- г) Методы механической обработки заготовок

2. Какой термин является синонимом аддитивного производства?

- а) Субтрактивное производство
- б) Трёхмерная печать
- в) Литьё под давлением
- г) Фрезерование

3. В каком десятилетии появились первые коммерческие системы трёхмерной печати?

- а) 1960-е
- б) 1970-е
- в) 1980-е
- г) 1990-е

4. Какое из перечисленных свойств является основным отличием аддитивных технологий от субтрактивных?

- а) Использование компьютерного управления
- б) Возможность создания изделий сложной геометрии без дополнительной оснастки
- в) Высокая точность обработки
- г) Работа с металлическими материалами

5. В какой отрасли аддитивные технологии получили наиболее широкое распространение для создания функциональных прототипов?

- а) Пищевая промышленность
- б) Авиакосмическая промышленность
- в) Лёгкая промышленность
- г) Сельское хозяйство

6. Какое преимущество аддитивных технологий является ключевым при производстве мелкосерийных изделий?

- а) Высокая скорость печати
- б) Отсутствие затрат на оснастку и пресс-формы
- в) Низкая стоимость материалов
- г) Высокая прочность изделий

7. Какой из перечисленных методов относится к аддитивным технологиям?

- а) Токарная обработка
- б) Фрезерование

в) Послойное наплавление

г) Шлифование

8. Какое из перечисленных ограничений характерно для большинства аддитивных технологий?

а) Невозможность создания полых изделий

б) Ограниченный выбор материалов по сравнению с традиционными методами

в) Необходимость в сложной оснастке

г) Высокая энергоэффективность

9. Что такое «свобода дизайна» в контексте аддитивных технологий?

а) Возможность изменять цвет изделия

б) Возможность создавать геометрически сложные формы, недоступные для традиционных методов

в) Возможность изменять размеры изделия в процессе печати

г) Возможность использовать любые материалы

10. Какой термин описывает процесс нарезки 3D-модели на горизонтальные слои для печати?

а) Моделирование

б) Слайсинг

в) Рендеринг

г) Калибровка

11. Какое преимущество аддитивных технологий наиболее важно для медицинских применений (например, имплантаты)?

а) Низкая стоимость

б) Индивидуальная кастомизация под пациента

в) Высокая скорость производства

г) Простота постобработки

12. Что является одним из основных экологических преимуществ аддитивных технологий?

а) Использование возобновляемых источников энергии

б) Минимальное количество отходов материала по сравнению с субтрактивными методами

в) Возможность переработки всех материалов

г) Отсутствие выбросов в атмосферу

13. Какая из перечисленных отраслей использует аддитивные технологии для создания лёгких конструкций с высокой удельной прочностью?

а) Текстильная промышленность

б) Аэрокосмическая промышленность

в) Пищевая промышленность

г) Деревообработка

14. Какой из перечисленных параметров обычно не влияет на выбор аддитивной технологии для конкретной задачи?

а) Требуемый материал

б) Точность изделия

в) Цвет изделия

г) Производительность

15. Что из перечисленного является примером продукта, созданного с использованием аддитивных технологий?

а) Литё автомобильного блока цилиндров

б) Индивидуальный зубной имплантат, напечатанный на 3D-принтере

в) Штампованная деталь кузова

г) Кованая шестерня

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение аддитивных технологий. В чем их принципиальное отличие от субтрактивных методов производства?
2. Опишите историю развития трёхмерной печати. Назовите ключевые этапы и изобретателей.
3. Перечислите основные отрасли применения аддитивных технологий. Приведите примеры.
4. Как классифицируются технологии трёхмерной печати по принципу формирования слоя?
5. Опишите методы, основанные на экструзии материалов. В чем их суть и какие материалы используются?
6. В чем заключается суть струйных методов трёхмерной печати? Какие разновидности струйной печати существуют?
7. Опишите методы фотополимеризации в ванне (SLA, DLP). Каковы их физические принципы?
8. Какие методы основаны на сплавлении материала в порошковом слое (SLS, SLM)? В чем их особенности?
9. Что такое слайсинг в контексте подготовки модели к 3D-печати? Какие параметры задаются на этом этапе?
10. Какие форматы файлов используются для хранения 3D-моделей, предназначенных для печати (STL, OBJ, AMF)? В чем их особенности?
11. Опишите этапы создания и подготовки трёхмерного объекта к печати (от сканирования до отправки на печать).
12. В чем суть метода FDM (FFF)? Каковы его преимущества и недостатки?
13. Опишите основные порошковые методы печати (SLS, SLM, EBM, MJF). Какие материалы используются?
14. Какие струйные методы печати вы знаете (MJ, BJ, NPJ, DOD)? В чем их отличия?
15. Что такое трёхмерная био-печать? Какие методы био-печати существуют (капельная, экструзионная)?
16. Опишите методы многостадийной фотополимеризации (SLA, DLP, μ SL). В чем их различия?
17. Что такое непрерывная печать на границе жидкой фазы? В чем её преимущество перед традиционной SLA?
18. Какие гибридные методы микрофабрикации на основе литографии (MICA, EFAB) вы знаете? Для каких задач они применяются?
19. Опишите метод осаждения, индуцированного сфокусированным ионным пучком (FEBID, FIBID). Каковы его преимущества и ограничения?
20. Назовите преимущества и недостатки аддитивных технологий по сравнению с традиционными методами производства.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Тарасова, Т. В. Аддитивное производство: учебное пособие / Т. В. Тарасова; Московский государственный технологический университет «Станкин». – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 196 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-16-014676-8. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=395331>

Дополнительная литература:

1. Лисяк, В. В. Основы компьютерной графики: 3D-моделирование и 3D-печать: учебное пособие / В. В. Лисяк; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. – 109 с. – ISBN 978-5-9275-3731-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/427370>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Поверхностные явления»

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. Наименование дисциплины *«Поверхностные явления»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Поверхностные явления».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических закономерностях поверхностных явлений на границах раздела фаз, их связи с объёмными свойствами веществ, а также практических навыков применения современных методов исследования и управления поверхностными процессами для решения прикладных задач в области наноматериалов, биомедицины, катализа, экологии и других 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: фундаментальные физико-химические закономерности, определяющие поведение систем на границах раздела фаз, современные методы их экспериментального и теоретического исследования, а также метрологические принципы и методы обработки данных с применением математической статистики и алгоритмов машинного обучения. Уметь: самостоятельно разрабатывать детальные планы экспериментальных и численных исследований поверхностных явлений, обосновывать выбор методов и подходов; обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные с применением современных методов статистики и машинного обучения; оформлять результаты исследований в виде научных публикаций, соответствующих международным стандартам, и представлять их на английском языке в устной и письменной форме. Владеть: навыками проведения сложных физических экспериментов и компьютерного моделирования в области поверхностных явлений, методами статистической обработки и машинного анализа экспериментальных данных,

		приёмами подготовки научных статей и презентаций на английском языке для профессиональной аудитории.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Термодинамика поверхностных явлений	Поверхность раздела фаз как самостоятельный объект исследования. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение: определение, физический смысл, связь с межмолекулярными взаимодействиями. Термодинамические условия равновесия на границе раздела фаз. Температурная зависимость поверхностного натяжения. Поверхностное давление. Давление

		Лапласа и его роль в капиллярных явлениях.
2.	Адсорбция на границах раздела фаз	Определение адсорбции, отличие от абсорбции. Физическая адсорбция и хемосорбция: механизмы, энергетика, обратимость. Адсорбция на границах твёрдое тело–газ, твёрдое тело–жидкость, жидкость–газ. Влияние температуры и давления на адсорбционные процессы.
3.	Смачивание и капиллярные явления	Смачивание как поверхностное явление на границе трёх фаз. Краевой угол смачивания и его связь с поверхностными натяжениями. Полное смачивание и растекание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Капиллярное давление. Подъём и опускание жидкости в капиллярах. Мениск: выпуклый и вогнутый. Капиллярные явления в природе и технике.
4.	Поверхностно-активные вещества	Классификация веществ по поверхностной активности: ПАВ, поверхностно-инактивные, поверхностно-неактивные. Механизм действия ПАВ: накопление на поверхности раздела фаз и снижение поверхностного натяжения. Адсорбция ПАВ на различных границах раздела. Применение ПАВ в дисперсных системах, флотации, моющих средствах.
5.	Электрические свойства поверхностей	Электрический двойной слой на границе раздела фаз: строение и механизмы возникновения. Плотная и диффузная части двойного слоя. Электрокинетические явления: электрофорез, потенциал течения, потенциал седиментации. Поверхностная проводимость. Влияние электролитов на структуру двойного слоя. Электроповерхностные явления в дисперсных системах, биологических мембранах и геофизике.
6.	Методы исследования поверхностных явлений	Экспериментальные методы определения поверхностного натяжения. Методы исследования поверхности: сканирующая туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, электронная

		микроскопия. Дифракционные методы: дифракция быстрых и медленных электронов. Методы исследования адсорбции и смачивания в нанодисперсных системах

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: Термодинамика поверхностных явлений.

Вопросы для обсуждения: Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Температурная зависимость поверхностного натяжения.

Тема 2: Адсорбция на границах раздела фаз

Вопросы для обсуждения: Физическая и химическая адсорбция.

Тема 3: Смачивание и капиллярные явления

Вопросы для обсуждения: Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Капиллярное давление и подъём жидкости в капиллярах.

Тема 4: Поверхностно-активные вещества.

Вопросы для обсуждения: Классификация веществ по поверхностной активности.

Тема 5: Электрические свойства поверхностей

Вопросы для обсуждения: Электрический двойной слой: строение и механизмы возникновения. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциал течения.

Тема 6: Методы исследования поверхностных явлений

Вопросы для обсуждения: Методы определения поверхностного натяжения. Оптические и зондовые методы исследования поверхности. Дифракционные методы для изучения поверхностных структур.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Термодинамика поверхностных явлений.

Вопросы для обсуждения: Расчёт поверхностного натяжения по методу капиллярного подъёма.

Тема 2: Адсорбция на границах раздела фаз

Вопросы для обсуждения: Построение изотермы адсорбции по экспериментальным данным.

Тема 3: Смачивание и капиллярные явления

Вопросы для обсуждения: Измерение краевого угла смачивания.

Тема 4: Поверхностно-активные вещества.

Вопросы для обсуждения: Определение критической концентрации мицеллообразования по зависимости поверхностного натяжения от концентрации.

Тема 5: Электрические свойства поверхностей

Вопросы для обсуждения: Оценка толщины диффузной части двойного слоя. Анализ влияния концентрации электролита на электрокинетический потенциал.

Тема 6: Методы исследования поверхностных явлений

Вопросы для обсуждения: Обработка результатов сталагмометрических измерений.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Температурная зависимость поверхностного натяжения. Физическая и химическая адсорбция. Капиллярное давление и подъём жидкости в капиллярах. Классификация поверхностно-активных веществ. Электрический двойной слой и его строение. Электрокинетические явления. Методы определения поверхностного натяжения. Оптические и зондовые методы исследования поверхности.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт поверхностного натяжения методом капиллярного подъёма. Расчёт высоты капиллярного подъёма. Определение критической концентрации мицеллообразования по зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ. Расчёт площади, занимаемой одной молекулой ПАВ на поверхности. Оценка толщины диффузной части двойного слоя.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физический смысл поверхностного натяжения и поверхностной энергии. Термодинамические условия равновесия на границе раздела фаз. Поверхностно-активные вещества: механизм действия и применение. Электрокинетические явления и их практическое значение. Основные методы экспериментального исследования поверхностных явлений. Интерпретация данных атомно-силовой и электронной микроскопии.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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
Термодинамика поверхностных явлений	ПК-1	Тестирование
Адсорбция на границах раздела фаз	ПК-1	Тестирование
Смачивание и капиллярные явления	ПК-1	Тестирование
Поверхностно-активные вещества	ПК-1	Тестирование
Электрические свойства поверхностей	ПК-1	Тестирование
Методы исследования поверхностных явлений	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Термодинамика поверхностных явлений»

1. **Что такое поверхностное натяжение?**
 - а) Сила, действующая на единицу площади поверхности
 - б) Работа, необходимая для образования единицы площади новой поверхности
 - в) Энергия, выделяющаяся при разрушении поверхности
 - г) Давление, создаваемое поверхностным слоем
2. **В каких единицах измеряется поверхностное натяжение в системе СИ?**
 - а) Дж/м²
 - б) Н/м
 - в) Па
 - г) Дж/моль
3. **Как изменяется поверхностное натяжение жидкости с повышением температуры?**
 - а) Увеличивается
 - б) Уменьшается
 - в) Не изменяется
 - г) Сначала увеличивается, затем уменьшается
4. **Какое уравнение описывает связь поверхностного натяжения и адсорбции на границе раздела фаз?**
 - а) Уравнение Юнга
 - б) Уравнение Лапласа
 - в) Уравнение Гиббса
 - г) Уравнение Клапейрона – Клаузиуса
5. **Что такое поверхностное давление?**
 - а) Давление, оказываемое поверхностным слоем на объёмную фазу
 - б) Разность давлений по обе стороны искривлённой поверхности
 - в) Давление, оказываемое адсорбированным слоем на поверхность
 - г) Гидростатическое давление жидкости
6. **Какой параметр определяет давление Лапласа?**
 - а) Плотность жидкости
 - б) Поверхностное натяжение и радиус кривизны поверхности
 - в) Температура и давление
 - г) Концентрация растворённого вещества
7. **Что происходит с давлением внутри капли жидкости по сравнению с внешним давлением?**
 - а) Оно меньше внешнего
 - б) Оно равно внешнему
 - в) Оно больше внешнего
 - г) Зависит от температуры
8. **Какая из перечисленных величин характеризует энергетическое состояние поверхности раздела фаз?**
 - а) Поверхностное натяжение
 - б) Давление Лапласа
 - в) Краевой угол
 - г) Коэффициент диффузии
9. **Какое из утверждений о поверхностной энергии верно?**
 - а) Поверхностная энергия всегда равна нулю при абсолютном нуле
 - б) Поверхностная энергия зависит только от объёмных свойств вещества

- в) Поверхностная энергия определяется межмолекулярными взаимодействиями в поверхностном слое
- г) Поверхностная энергия не зависит от температуры

10. **Какое явление объясняется избыточным давлением на искривлённой поверхности жидкости?**

- а) Смачивание
- б) Капиллярный подъём
- в) Адсорбция
- г) Флотация

11. **Что происходит с поверхностным натяжением при увеличении концентрации поверхностно-активного вещества (ПАВ) в растворе?**

- а) Поверхностное натяжение увеличивается
- б) Поверхностное натяжение уменьшается
- в) Поверхностное натяжение не изменяется
- г) Поверхностное натяжение сначала растёт, затем падает

12. **Какая термодинамическая функция наиболее тесно связана с поверхностным натяжением?**

- а) Внутренняя энергия
- б) Энтальпия
- в) Свободная энергия Гиббса
- г) Энтропия

13. **Какой закон описывает зависимость поверхностного натяжения от температуры?**

- а) Закон Стефана – Больцмана
- б) Правило Дюкло – Траубе
- в) Закон Этвёша
- г) Закон Фарадея

14. **Какое из перечисленных явлений связано с поверхностным натяжением?**

- а) Диффузия
- б) Осмос
- в) Капиллярное сжатие
- г) Электрофорез

15. **Что такое поверхностный слой жидкости?**

- а) Слой молекул, находящихся на границе раздела с газовой фазой
- б) Слой молекул, находящихся в объёме жидкости
- в) Слой молекул, находящихся вблизи дна сосуда
- г) Слой молекул, адсорбированных на твёрдой поверхности

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение: определение, физический смысл, единицы измерения. Температурная зависимость поверхностного натяжения.
2. Термодинамические условия равновесия на границе раздела фаз. Вывод и анализ уравнения Гиббса для поверхностных систем.
3. Давление Лапласа: вывод формулы, физический смысл, примеры проявления в капиллярных явлениях.
4. Физическая адсорбция и хемосорбция: механизмы, энергетика, обратимость, отличительные признаки.
5. Изотермы адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха и БЭТ: области применимости, основные допущения, графический вид, способы определения параметров.

6. Уравнение адсорбции Гиббса: вывод, связь поверхностного натяжения с адсорбцией, практическое применение для определения адсорбции ПАВ.
7. Поверхностный избыток Гиббса и его связь с адсорбцией на границе раздела фаз.
8. Краевой угол смачивания: определение, связь с поверхностными натяжениями через уравнение Юнга.
9. Полное смачивание и растекание. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Практические примеры.
10. Капиллярное давление. Подъём и опускание жидкости в капиллярах: формула Жюрена, факторы, влияющие на высоту капиллярного подъёма.
11. Поверхностно-активные вещества (ПАВ): классификация, механизм действия, правило Дюкло – Траубе.
12. Мицеллообразование в растворах ПАВ. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), методы её определения.
13. Электрический двойной слой на границе раздела фаз.
14. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос, потенциал течения, потенциал седиментации. Влияние концентрации и валентности электролитов на структуру электрического двойного слоя и электрокинетический потенциал.
15. Методы определения поверхностного натяжения жидкостей: сталагмометрический, капиллярный, метод отрыва кольца. Принципы и сравнительный анализ.
16. Оптические методы исследования поверхности: эллипсометрия, интерферометрия, поляризационная микроскопия. Информация, получаемая этими методами.
17. Зондовые методы исследования поверхностей: сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) и атомно-силовая микроскопия (АСМ). Принципы работы и области применения.
18. Дифракционные методы анализа поверхности: дифракция быстрых и медленных электронов. Информация о кристаллической структуре поверхности.
19. Применение знаний о поверхностных явлениях в нанотехнологиях, биомедицине, катализе и экологии.

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. Волков, В. А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник для вузов / В. А. Волков. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 672 с. – ISBN 978-5-8114-1819-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212069>
2. Морачевский, А. Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие для вузов / А. Г. Морачевский. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-1857-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212024>

Дополнительная литература:

1. Андреев, Л. А. Физическая химия: поверхностные явления на межфазных границах раздела жидкость–газ и жидкость–твердое тело: учебное пособие / Л. А. Андреев. – Москва: Издательский Дом МИСиС, 2010. – 70 с. – ISBN 978-5-87623-361-5. – Текст: электронный // Znanium : электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=369948>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Функциональные наноматериалы и их приложения»

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. Наименование дисциплины «Функциональные наноматериалы и их приложения».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Функциональные наноматериалы и их приложения».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-химических свойствах, методах синтеза и функциональных возможностях современных наноматериалов, а также практических навыков их применения для решения прикладных задач в области сенсорики, аддитивных технологий, биомедицины и экологии в рамках наукоёмких производств.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен 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: физико-химические свойства, методы синтеза и функциональные характеристики современных наноматериалов, их поведение в различных средах и условиях эксплуатации, а также современные технологические процессы их интеграции в устройства и системы. Уметь: обоснованно выбирать наноматериалы и технологические процессы для конкретных прикладных задач, проводить расчёты и моделирование ключевых параметров устройств, разрабатывать концепцию проекта с оценкой его реализуемости, рисков и потенциальной коммерческой ценности, а также анализировать вопросы надёжности, диагностики и испытаний разрабатываемых систем. Владеть: навыками проектирования элементов и устройств на основе функциональных наноматериалов, методами расчёта и моделирования их характеристик, приёмами технико-экономического анализа и управления рисками при разработке проектов, а также способами оценки надёжности и организации испытаний наноматериальных систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Функциональные наноматериалы и их приложения» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Нанослои: графен и 2D материалы	Самосборные монослои. Эпитаксиальный графен. Электронная структура графеновых нанолент. Транспорт в графеновых наноструктурах. Графеновые квантовые точки.
2	Углеродные нанотрубки и полимерные композиты	Адгезия между полимерами и УНТ. Дисперсионные методы для УНТ. Химический метод полимеризации. Механические свойства УНТ/полимерных композитов. Электрические свойства УНТ. Изотропные и ориентированные полимерные композиты. Моделирование порога перколяции. Термостойкость.
3	Наночернила из металлов для печати	Геометрические аспекты. Модель

		случайной неплотной упаковки. Размер ядра наночастиц. Термодинамическая размерно-зависимая температура плавления. Моделирование оптического плазмонного резонанса. Наночастицы серебра, золота, других металлов. Металлические наночастицы с высокой полярно-растворяющей дисперсностью.
4	Магнитные наноструктуры	Характерные масштабы. Тонкие плёнки: прямая обменная связь, обменное смещение. Тонкие плёнки: методы синтеза. Провода и иглы: методы изготовления. Нанодиски. Объемные наноструктуры. Рентгеновский нанозонд.
5	Манипулирование микро- и наноразмерными объектами	Магнитные наночастицы. Суперпарамагнетизм. Частицы типа «ядро/оболочка» CoFe_2O_4 / NiFe_2O_4 . Суспензии. Покрытые золотом наночастицы магнетита. Манипулирование клетками. Токовые магнитные пинцеты. Магнитный пинцет. Лаборатория на чипе. Феррофлюидный насос. Микро ПЦР. 3D-манипулирование: магнитный микроробот. 4D-печать – микроактюатор. Тканевая инженерия. Магнитные нанопровода. Манипулирование с помощью микроэлектромагнитов. Биоинспирация.
6	Наносенсоры	Наноразмерная характеристика с флуоресцентными наночастицами. Люминесцентные наночастицы: синтез и оптические свойства. Наноразмерные люминесцентные датчики. Оптохимические наносенсоры. Примеры приложений. Критические проблемы для оптохимических наносенсоров. Инфракрасные фотоприемники и матрицы на квантовых точках.
7	Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами	Нанопористые материалы. Характеристика нанопористых материалов. Упорядоченная нанопористая структура. Основные характеристики упорядоченных мезопористых материалов. Структура упорядоченных мезопористых материалов.

		Механизм синтеза упорядоченных мезопористых материалов. Типичные мезопористые материалы. Гигантская наномембрана. Подходы к изготовлению наномембран. Наномембраны из высокосшитых материалов. Физические свойства наномембран. Функциональные возможности наномембран.

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: Нанослой: графен и 2D материалы

Вопросы для обсуждения: Самосборные монослои. Эпитаксиальный графен. Электронная структура графеновых нанолент. Транспорт в графеновых наноструктурах. Графеновые квантовые точки.

Тема 2: Углеродные нанотрубки и полимерные композиты

Вопросы для обсуждения: Дисперсионные методы для УНТ. Химическая полимеризация. Механические и электрические свойства композитов. Моделирование порога перколяции. Термостойкость.

Тема 3: Наночернила из металлов для печати

Вопросы для обсуждения: Модель случайной неплотной упаковки. Размерно-зависимая температура плавления. Плазмонный резонанс наночастиц. Наночастицы серебра, золота, других металлов. Дисперсность.

Тема 4: Магнитные наноструктуры

Вопросы для обсуждения: Прямая обменная связь и обменное смещение в тонких плёнках. Методы синтеза плёнок, проводов, нанодисков. Объемные наноструктуры. Рентгеновский нанозонд.

Тема 5: Манипулирование микро- и наноразмерными объектами

Вопросы для обсуждения: Суперпарамагнетизм. Частицы типа «ядро/оболочка». Магнитные и электромагнитные пинцеты. Манипулирование клетками. Лаборатория на чипе. 4D-печать. Тканевая инженерия. Биоинспирация.

Тема 6: Наносенсоры

Вопросы для обсуждения: Люминесцентные наночастицы: синтез и оптические свойства. Наноразмерные люминесцентные датчики. Оптохимические наносенсоры. Инфракрасные фотоприемники на квантовых точках.

Тема 7: Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами

Вопросы для обсуждения: Упорядоченные мезопористые материалы. Механизм синтеза. Типичные мезопористые материалы. Гигантская наномембрана. Физические свойства и функциональные возможности наномембран.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Нанослой: графен и 2D материалы

Вопросы для обсуждения: Расчёт электронной структуры графеновых

нанолент. Моделирование транспорта в графеновых наноструктурах. Анализ оптических свойств графеновых квантовых точек.

Тема 2: Углеродные нанотрубки и полимерные композиты

Вопросы для обсуждения: Расчёт порога перколяции в композитах. Моделирование механических свойств. Оценка электрической проводимости в зависимости от концентрации УНТ.

Тема 3: Наночернила из металлов для печати

Вопросы для обсуждения: Расчёт размера наночастиц по плазмонному резонансу. Моделирование температуры плавления в зависимости от размера. Оценка дисперсности наночастиц.

Тема 4: Магнитные наноструктуры

Вопросы для обсуждения: Расчёт обменного смещения в тонких плёнках. Моделирование магнитных свойств нанодисков. Анализ данных рентгеновского нанозонда.

Тема 5: Манипулирование микро- и наноразмерными объектами

Вопросы для обсуждения: Расчёт сил магнитного пинцета. Моделирование движения магнитных наночастиц в поле. Проектирование лаборатории на чипе.

Тема 6: Наносенсоры

Вопросы для обсуждения: Расчёт чувствительности люминесцентных датчиков. Моделирование оптического отклика наносенсоров. Анализ характеристик фотоприемников на квантовых точках.

Тема 7: Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами

Вопросы для обсуждения: Расчёт пористости и удельной поверхности. Моделирование транспортных свойств мембран. Анализ селективности наномембран.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Электронная структура и транспортные свойства графеновых нанолент. Механизмы диспергирования и перколяции в композитах на основе углеродных нанотрубок. Физические основы плазмонного резонанса металлических наночастиц и их размерная зависимость. Магнитное упорядочение в тонких плёнках и обменное смещение. Принципы магнитного манипулирования микрообъектами и суперпарамагнетизм.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт ширины запрещённой зоны графеновых нанолент в приближении сильной связи. Оценка силы магнитного пинцета для заданных параметров наночастиц и градиента поля. Расчёт чувствительности люминесцентного наносенсора по изменению интенсивности.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Электронные свойства графена и его производных. Механические и электрические свойства полимерных композитов с углеродными нанотрубками. Оптический отклик металлических наночастиц и применение в печатных технологиях. Магнитные свойства наноструктур и методы их характеристики.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной

образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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
Нанослои: графен и 2D материалы	ПК-2	Тестирование
Углеродные нанотрубки и полимерные композиты	ПК-2	Тестирование
Наночернила из металлов для печати	ПК-2	Тестирование
Магнитные наноструктуры	ПК-2	Тестирование
Манипулирование микро- и наноразмерными объектами	ПК-2	Тестирование
Наносенсоры	ПК-2	Тестирование
Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Нанослои: графен и 2D материалы»

- Какой тип гибридизации атомов углерода характерен для кристаллической решётки графена?**
 - sp
 - sp²
 - sp³
 - sp³d
- Какая из перечисленных структур не является двумерным материалом?**
 - Графен
 - Дисульфид молибдена (MoS₂)
 - Фуллерен
 - Гексагональный нитрид бора (h-BN)
- Как называется метод получения графена, при котором он выращивается на поверхности кристалла карбида кремния при высоких температурах?**
 - Механическое расщепление
 - Химическое осаждение из газовой фазы (CVD)
 - Эпитаксиальный рост
 - Жидкофазная эксфолиация
- Какое из перечисленных свойств графена является следствием его двумерной структуры?**
 - Высокая твёрдость
 - Нулевая ширина запрещённой зоны
 - Сверхпроводимость при комнатной температуре
 - Магнитное упорядочение
- Что такое графеновые наноленты?**
 - Трёхмерные структуры из графена
 - Одномерные полосы графена с шириной в несколько нанометров

в) Сферические кластеры атомов углерода

г) Многослойные структуры графена

6. Гексагональный нитрид бора (h-BN) часто называют «белым графеном». Какое из утверждений о h-BN верно?

а) Он является полупроводником с прямой запрещённой зоной

б) Он обладает металлической проводимостью

в) Он является широкозонным изолятором и часто используется как подложка для графена

г) Он не образует стабильных монослойных структур

7. Какое свойство графеновых квантовых точек (GQDs) обусловлено квантовым ограничением?

а) Высокая электропроводность

б) Ненулевая ширина запрещённой зоны и фотолюминесценция

в) Сверхпроводимость

г) Магнитное упорядочение

8. По типу проводимости графен ближе всего к:

а) Полупроводникам

б) Диэлектрикам

в) Металлам

г) Сверхпроводникам

9. Какой метод получения двумерных материалов заключается в расслаивании кристаллов с помощью ультразвука или химического воздействия?

а) Молекулярно-пучковая эпитаксия

б) Химическое осаждение из газовой фазы

в) Эксфолиация

г) Ионная имплантация

10. Какой из перечисленных материалов является полупроводником с прямой запрещённой зоной в монослойном состоянии?

а) Графен

б) Дисульфид молибдена (MoS_2)

в) Гексагональный нитрид бора (h-BN)

г) Алмаз

11. Что из перечисленного является основным ограничением для использования графена в цифровой электронике (в логических схемах)?

а) Низкая теплопроводность

б) Отсутствие запрещённой зоны

в) Низкая механическая прочность

г) Высокая стоимость получения

12. Какое из перечисленных применений характерно для графеновых квантовых точек?

а) Создание сверхпроводящих контактов

б) Биовизуализация и биосенсорика (благодаря фотолюминесценции)

в) Производство твёрдых сплавов

г) Термоядерный синтез

13. Что такое самосборные монослои (self-assembled monolayers) в контексте 2D-материалов?

а) Спонтанно образующиеся упорядоченные молекулярные слои на подложке

б) Многослойные структуры, полученные механическим прессованием

в) Случайные скопления наночастиц

г) Аморфные плёнки углерода

14. Какое из перечисленных веществ относится к халькогенидам переходных металлов (TMD), активно изучаемых в качестве двумерных материалов?

- а) Оксид кремния
- б) Дисульфид молибдена (MoS_2)
- в) Карбид кремния
- г) Нитрид алюминия

15. Какое свойство двумерных материалов обусловлено тем, что все их атомы находятся в поверхностном слое?

- а) Высокая плотность
- б) Повышенная химическая активность и наличие свободных связей
- в) Сверхпроводимость
- г) Магнитное упорядочение

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

- 1) Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики и их свойства.
- 2) Петля гистерезиса.
- 3) Методы измерения намагниченности вещества.
- 4) Полная энергия ферромагнитного вещества.
- 5) Магнитострикция. Примеры материалов с высокой магнитострикцией.
- 6) Причины и процесс возникновения доменов.
- 7) Методы измерения скорости движения доменной границы.
- 8) Типы, сходства и различия магнитооптических эффектов.
- 9) Применение термоэлектрических материалов.
- 10) Свойства сплавов Гейслера.
- 11) Применение термомагнитных явлений.
- 12) Примеры устройств, основанных на магнитоэлектрическом эффекте.
- 13) Свойства мультиферроиков.
- 14) Примеры и применение мультиферроиков
- 15) Спин-вентильные устройства.
- 16) Гигантское магнитосопротивление.
- 17) Рассеяние спина на интерфейсах.
- 18) Принцип работы магниторезистивных головок.
- 19) Туннельное магнитосопротивление
- 20) Типы наноструктур
- 21) Примеры фуллеренов
- 22) Применение нанотрубок
- 23) Свойства нанпроводов
- 24) Применение магнитных тонких пленок
- 25) Принцип магнитного охлаждения
- 26) Свойства жидких кристаллов
- 27) Примеры устройств с 3-d дальномерными кристаллами

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. Антонова, И. В. Графен и другие двумерные материалы: свойства и методы получения: учебное пособие / И. В. Антонова. — Новосибирск: Издательство НГТУ, 2023. — 90 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/404729>
2. Поленов, Ю. В. Наноматериалы и нанотехнологии: учебник для СПО / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 180 с. — ISBN 978-5-507-50411-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/510379#1>

Дополнительная литература:

1. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии: учебное пособие / Б. Фахльман; пер. с англ. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2026. — 464 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477529>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нanomатериалы и биологические системы. Бионанотехнологии»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

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

**Квалификация выпускника:
Физик-исследователь**

Калининград
2026

Лист согласования

Составители:

Левада Екатерина Викторовна, старший научный сотрудник, БФУ им. И.Канта

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. Наименование дисциплины *«Нanomатериалы и биологические системы. Бионанотехнологии»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: *«Наноматериалы и биологические системы. Бионанотехнологии».*

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о фундаментальных принципах взаимодействия наноматериалов с биологическими системами на клеточном и молекулярном уровнях, а также практических компетенций в области разработки и применения бионанотехнологических подходов для решения междисциплинарных задач в медицине, биологии и экологии, включая адресную доставку, визуализацию, терапию и молекулярное распознавание.

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 закономерности, определяющие свойства наноматериалов и их взаимодействие с биологическими системами; принципы молекулярного распознавания, самосборки и самоорганизации в биологических структурах; современные подходы к применению нанотехнологий в биомедицине, экологии и смежных областях. Уметь: выявлять взаимосвязи между физико-химическими свойствами наноматериалов и их поведением в сложных биологических системах; применять междисциплинарные подходы для объяснения механизмов взаимодействия нанообъектов с клетками и тканями; синтезировать информацию из различных областей науки для разработки инновационных решений в области диагностики, терапии и биовизуализации. Владеть: навыками интеграции знаний из естественных и точных наук для решения комплексных междисциплинарных задач в области бионанотехнологий; методами анализа и интерпретации экспериментальных данных о взаимодействии наноматериалов с

		биологическими системами; способностью предлагать инновационные подходы к созданию биосовместимых материалов, диагностических платформ и терапевтических систем на основе принципов молекулярного распознавания и самосборки.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Наноматериалы и биологические системы. Бионанотехнологии» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение в клеточную биологию	Биология – наука о жизни. Основные признаки живого. Уровни биологической организации. Разнообразие жизни. Научное исследование.
2	Внутренняя организация клетки прокариот	Основные структуры прокариотических клеток. Размножение прокариот.

		Бактериальные заболевания у людей. Полезные прокариоты.
3	Внутренняя организация клетки эукариот	Характеристика эукариотических клеток. Плазматическая мембрана. Цитоплазма.
4	Вирусы	Вирусная морфология. Бактериофаги. Вирусные инфекции.
5	Клеточный цикл	Эукариотические хромосомы. Структура хромосом. Клеточный цикл.
6	Деление клетки	Бесполое размножение. Половое размножение. Мейоз.
7	Введение в нанотехнологии	Краткое введение в нанотехнологии. Введение в биофизику. Самоорганизация. Нанотехнологии.
8	Наномагнетизм в медицине	Накопление и распределение квантовых точек в клетках. Накопление квантовых точек и распределение <i>in vivo</i> . Терапевтические наночастицы для адресной доставки лекарств. Квантовые точки в фотодинамической терапии и оптической биопсии рака. Наночастицы – навстречу будущему биомедицины. Магнитные наночастицы
9	Фотодинамика и терапия рака	Фотодинамическая терапия рака: к нанотехнологиям. Свет и наночастицы: к визуализации и терапии рака.
10	Молекулярное распознавание и сборка биологических структур	Ионные каналы: нанопоры высокой специфичности. Структура нуклеиновых кислот. Рибосомы их структуры и функции. Функция протеосом. Ионные каналы: биологическая роль, классификация по типу и клеточная локализация.
11	Формирование ДНК и сборка пептидных наноматериалов	Самосборка с помощью межмолекулярных взаимодействий. Разработка органоидов. Биологическое применение самосборки: доставка лекарств, магнитная доставка лекарств.
12	Применение биологических сборок в нанотехнологиях	Биологические системы, синтетическое молекулярное распознавание. Сложность молекулярного распознавания.
13	Медицинское применение бионанотехнологии	Химические связи и энергия связей. Направленность химических связей. Водородные связи и гидрофобные взаимодействия. Самоорганизующиеся наноматериалы на основе пептидов: наноматериалы с короткими и полипептидными свойствами.
14	Перспективы развития нанобиотехнологии и бионанотехнологии	Как используется биотехнология в медицинской области. Что такое биотехнология и медицина?
15	Другие применения бионанотехнологии	Адресная доставка. Доставка лекарственных препаратов.

		Биовизуализация. Разработка вакцин. Сельскохозяйственные нанотехнологии: каковы нынешние возможности? Очистка воды с помощью наночастиц. Нанокосметика: возможности и перспективы. Развитие наноразмерных лабораторий, основанных на платформе диагностики и адресной доставки лекарственных препаратов. Система адресной доставки. Редактирование генома при помощи нанотехнологий.

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 клеточную биологию.

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Внутренняя организация клетки прокариот.

Вопросы для обсуждения:

Тема 3: Внутренняя организация клетки эукариот

Вопросы для обсуждения:

Тема 4: Вирусы

Вопросы для обсуждения:

Тема 5: Клеточный цикл

Вопросы для обсуждения:

Тема 6: Деление клетки

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Введение в нанотехнологии

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Наномагнетизм в медицине.

Вопросы для обсуждения:

Тема 9: Фотодинамика и терапия рака

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Молекулярное распознавание и сборка биологических структур

Вопросы для обсуждения:

Тема 11: Формирование ДНК и сборка пептидных наноматериалов

Вопросы для обсуждения:

Тема 12: Применение биологических сборок в нанотехнологиях

Вопросы для обсуждения:

Тема 13: Медицинское применение бионанотехнологии.

Вопросы для обсуждения:

Тема 14: Перспективы развития нанобиотехнологии и бионанотехнологии.

Вопросы для обсуждения:

Тема 15: Другие применения бионанотехнологии.

Вопросы для обсуждения:

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в клеточную биологию.

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Внутренняя организация клетки прокариот.

Вопросы для обсуждения:

Тема 3: Внутренняя организация клетки эукариот

Вопросы для обсуждения:

Тема 4: Вирусы

Вопросы для обсуждения:

Тема 5: Клеточный цикл

Вопросы для обсуждения:

Тема 6: Деление клетки

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Введение в нанотехнологии

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Наномагнетизм в медицине.

Вопросы для обсуждения:

Тема 9: Фотодинамика и терапия рака

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Молекулярное распознавание и сборка биологических структур

Вопросы для обсуждения:

Тема 11: Формирование ДНК и сборка пептидных наноматериалов

Вопросы для обсуждения:

Тема 12: Применение биологических сборок в нанотехнологиях

Вопросы для обсуждения:

Тема 13: Медицинское применение бионанотехнологии.

Вопросы для обсуждения:

Тема 14: Перспективы развития нанобиотехнологии и бионанотехнологии.

Вопросы для обсуждения:

Тема 15: Другие применения бионанотехнологии.

Вопросы для обсуждения:

Требования к самостоятельной работе студентов

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

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

Введение в клеточную биологию	ПК-3	Тестирование
Внутренняя организация клетки прокариот	ПК-3	Тестирование
Внутренняя организация клетки эукариот	ПК-3	Тестирование
Вирусы	ПК-3	Тестирование
Клеточный цикл	ПК-3	Тестирование
Деление клетки	ПК-3	Тестирование
Введение в нанотехнологии	ПК-3	Тестирование
Наномагнетизм в медицине	ПК-3	Тестирование
Фотодинамика и терапия рака	ПК-3	Тестирование
Молекулярное распознавание и сборка биологических структур	ПК-3	Тестирование
Формирование ДНК и сборка пептидных наноматериалов	ПК-3	Тестирование
Применение биологических сборок в нанотехнологиях	ПК-3	Тестирование
Медицинское применение бионанотехнологии	ПК-3	Тестирование
Перспективы развития нанобиотехнологии и бионанотехнологии	ПК-3	Тестирование
Другие применения бионанотехнологии	ПК-3	Тестирование

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

Типовые задания тестовых заданий:

Тест по теме «Клеточный цикл. Деление клетки»

1. Информацию о структуре молекулы белка содержит:

- а) белок
- б) кодон
- в) триплет
- г) нуклеиновая кислота
- д) ген

2. Хроматин – это:

- а) ДНК + белок
- б) РНК + белок
- в) ДНК + углевод
- г) ДНК + липид
- д) рРНК + белок

3. В процессе деления клетки из хроматина формируются:

- а) ДНК
- б) РНК
- в) белки
- г) гены
- д) хромосомы

4. Соматическая клетка организма в норме имеет:

- а) гаплоидный набор
- б) диплоидный набор
- в) одинарный набор
- г) аутосомы
- д) гетеросомы

5. Половая клетка в норме имеет:

- а) кариотип
- б) диплоидный набор хромосом
- в) двойной набор
- г) гаплоидный набор хромосом
- д) генотип

6. У хромосомы центромера сильно смещена к краю, верхнее плечо намного меньше нижнего. Такая хромосома называется:

- а) метацентрическая
- б) акроцентрическая
- в) субметацентрическая
- г) метафазная
- д) анафазная

7. Плечи хромосомы равны. Такая хромосома называется:

- а) метацентрическая
- б) акроцентрическая
- в) субметацентрическая
- г) метафазная
- д) анафазная

8. У хромосомы центромера смещена к краю, плечи не равны. Такая хромосома называется:

- а) метацентрическая
- б) акроцентрическая
- в) субметацентрическая
- г) метафазная
- д) анафазная

9. Метафазная хромосома имеет плечи и:

- а) хроматиды
- б) ДНК
- в) центромеру
- г) белок
- д) мономер

10. Аутосомы – это хромосомы:

- а) половые
- б) неполовые
- в) организма
- г) гамет
- д) нет правильного ответа

11. Гетеросомы – это хромосомы:

- а) соматических клеток
- б) организма
- в) клеток тела
- г) неполовые
- д) половые

12. Клетка проходит период G1. Содержание ДНК составляет:

- а) $2n2c$

- б) $2n4c$
- в) $4n4c$
- г) $1n2c$
- д) $1n1c$

13. Прямое деление клетки называется:

- а) амитоз
- б) митоз
- в) мейоз
- г) равномерное
- д) редукционное

14. Непрямое деление клетки называется:

- а) мейозом
- б) уменьшительным
- в) амитозом
- г) митозом
- д) редукционным

15. Клетка растёт, специализируется и выполняет функции в период:

- а) амитоза
- б) митоза
- в) мейоза
- г) интерфазы
- д) непрямого деления

16. Соматическая клетка человека содержит аутосомы. Их количество:

- а) 46 хромосом
- б) 23 пары хромосом
- в) 22 пары хромосом
- г) 46 пар хромосом
- д) 1 пара хромосом

17. В половых железах животных развиваются половые клетки. Это:

- а) диплоидные клетки
- б) гаметы
- в) сперматозоиды
- г) соматические клетки
- д) яйцеклетки

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Основные признаки живого. Уровни биологической организации.
2. Сравнительная характеристика прокариотических и эукариотических клеток.
3. Структура и функции плазматической мембраны. Механизмы транспорта веществ через мембрану.
4. Мембранные насосы, носители и каналы: принципы работы и биологическая роль.
5. Строение и функции эндоплазматического ретикулума и аппарата Гольджи.
6. Структура и функции митохондрий и лизосом.
7. Ядерная оболочка, хроматин и хромосомы. Уровни организации хроматина.
8. Клеточный цикл: фазы G1, S, G2, M. Регуляция клеточного цикла.
9. Митоз: фазы, биологическое значение.
10. Мейоз: фазы, биологическое значение, отличие от митоза.
11. Апоптоз и некроз: сравнительная характеристика, сигнальные пути.
12. Механизмы межклеточной и внутриклеточной сигнализации.
13. Структура и функции ДНК. Упаковка ДНК в хроматин и хромосомы.

14. Ген, геном, кариотип. Хромосомная организация.
15. Репликация ДНК в S-фазе клеточного цикла.
16. Транскрипция: РНК-полимеразы, промоторы, факторы транскрипции, элонгация и терминация.
17. Структура и функции РНК. Биогенез РНК.
18. Строение и функции рибосом. Биосинтез белка.
19. Структура и функции протеосом.
20. Регуляция экспрессии генов на уровне транскрипции.
21. Определение нанотехнологий и бионанотехнологий. Основные концепции.
22. Классификация наноматериалов.
23. Основные свойства наноматериалов.
24. Самоорганизация и самосборка в биологических системах.
25. Межмолекулярные взаимодействия, лежащие в основе самосборки.
26. Вирусы и бактериофаги: структура, классификация, жизненный цикл.
27. S-слои бактерий: структура, свойства, применение.
28. Квантовые точки: свойства, получение, применение в биовизуализации.
29. Магнитные наночастицы: свойства и применение в медицине.
30. Адресная доставка лекарственных препаратов с использованием наночастиц.
31. Фотодинамическая терапия рака: механизмы, роль наночастиц.
32. Оптическая биопсия с использованием квантовых точек.
33. Применение наночастиц для биовизуализации *in vitro* и *in vivo*.
34. Наноматериалы на основе пептидов: самосборка, свойства, применение.
35. Системы адресной доставки: принципы и перспективы.
36. Разработка вакцин с использованием нанотехнологий.
37. Редактирование генома с помощью нанотехнологий.
38. Биовизуализация: методы и применение в диагностике.
39. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве.
40. Очистка воды с использованием наночастиц.
41. Нанокосметика: возможности и перспективы.
42. Развитие наноразмерных лабораторий для диагностики.
43. Биотехнология и медицина: взаимосвязь и перспективы.
44. Будущие перспективы нанобиотехнологии.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Зиматкин, С. М. Гистология, цитология и эмбриология: учебное пособие для учреждений высшего образования / С. М. Зиматкин. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 228, [1] с. – ISBN 978-985-06-2253-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/65441>

Дополнительная литература:

1. Новокшанова, А. Л. Биохимия: учебное пособие / А. Л. Новокшанова; Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина. – Вологда:

ВГМХА им. Н. В. Верещагина, 2013. – 208 с. – ISBN 978-5-98076-168-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/130712>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Астрофизика и космология»

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. Наименование дисциплины «*Астрофизика и космология*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Астрофизика и космология».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о фундаментальных физических процессах, протекающих во Вселенной, включая строение и эволюцию астрофизических объектов и крупномасштабных структур, а также практических навыков применения современных методов наблюдений, теоретического моделирования и обработки данных для 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: фундаментальные физические законы и математические методы, необходимые для описания и анализа явлений в области астрофизики и космологии, а также современные подходы к теоретическому моделированию и интерпретации наблюдательных данных. Уметь: применять физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач, включая обработку и анализ наблюдательных данных, а также проводить быстрый поиск и критический отбор специализированной информации из научных источников. Владеть: навыками использования фундаментальных знаний физики и математики для анализа астрофизических процессов и космологических моделей, методами расчёта и интерпретации ключевых параметров объектов и систем, а также способностью интегрировать знания из различных разделов физики для решения комплексных задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Астрофизика и космология» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в астрофизику и космологию	Предмет и задачи астрофизики и космологии. Место дисциплины в системе современного естествознания. Наблюдательные основы астрофизики: электромагнитный спектр, методы регистрации излучения. Основные астрофизические объекты и их иерархия: планеты, звёзды, галактики, крупномасштабная структура Вселенной. Астрофизические величины и единицы измерений.
2.	Звёздная астрофизика	Физические характеристики звёзд: светимость, температура, масса, радиус. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела и эволюционные треки звёзд. Внутреннее строение звёзд: уравнения гидростатического равновесия и переноса энергии. Термоядерные реакции в звёздах. Эволюция звёзд различной массы:

		от протозвёзд до белых карликов, нейтронных звёзд и чёрных дыр. Конечные стадии эволюции звёзд. Сверхновые звёзды и их роль в химической эволюции Вселенной.
3.	Физика галактик и межзвёздной среды	Морфологическая классификация галактик. Динамика и структура спиральных и эллиптических галактик. Вращение галактик и проблема скрытой массы. Межзвёздная среда: газ, пыль, магнитные поля. Активные ядра галактик и квазары. Крупномасштабная структура Вселенной, скопления и сверхскопления галактик.
4.	Релятивистская астрофизика и гравитация	Общая теория относительности как основа современной астрофизики. Релятивистские объекты: чёрные дыры, нейтронные звёзды. Астрофизические проявления сильных гравитационных полей. Гравитационные волны и методы их регистрации. Аккреционные диски и релятивистские джеты. Гамма-всплески и их природа. Тесты ОТО в сильных полях.
5.	Современная космология	Космологический принцип и уравнение Фридмана. Модели расширяющейся Вселенной. Космологический параметр и постоянная Хаббла. Термальная история ранней Вселенной. Реликтовое излучение и его анизотропия. Первичный нуклеосинтез. Проблемы тёмной материи и тёмной энергии. Современные космологические модели и их наблюдательные проверки.
6.	Астрофизика высоких энергий	Космические лучи: состав, спектры, источники. Механизмы ускорения частиц до сверхвысоких энергий. Нейтринная астрономия. Гамма-астрономия и её источники. Астрофизика частиц: связь физики элементарных частиц с астрофизикой. Актуальные эксперименты по регистрации частиц высоких энергий от космических источников.
7.	Перспективные направления	Многоканальная астрономия:

	астрофизики и космологии	электромагнитный, гравитационно-волновой и нейтринный каналы. Астрофизика экзопланет и поиск жизни во Вселенной. Современные космические обсерватории и наземные телескопы нового поколения. Цифровые методы обработки астрофизических данных и моделирование. Искусственный интеллект в астрофизике. Связь астрофизических исследований с развитием наукоёмких технологий

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 астрофизику и космологию.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи астрофизики. Наблюдательные методы и диапазоны электромагнитного спектра. Основные астрофизические объекты (звёзды, галактики, чёрные дыры). Астрофизические единицы измерений.

Тема 2: Звёздная астрофизика

Вопросы для обсуждения: Физические характеристики звёзд (светимость, масса, температура. Внутреннее строение и термоядерные реакции. Эволюция звёзд различной массы.

Тема 3: Физика галактик и межзвёздной среды.

Вопросы для обсуждения: Морфологическая классификация галактик. Вращение галактик и проблема скрытой массы. Межзвёздная среда.

Тема 4: Релятивистская астрофизика и гравитация

Вопросы для обсуждения: Общая теория относительности. Чёрные дыры: свойства, наблюдения. Нейтронные звёзды.

Тема 5: Современная космология

Вопросы для обсуждения: Космологический принцип. Тёмная материя и тёмная энергия.

Тема 6: Астрофизика высоких энергий

Вопросы для обсуждения: Космические лучи: происхождение и спектры. Механизмы ускорения частиц. Нейтринная и гамма-астрономия.

Тема 7: Перспективные направления астрофизики и космологии

Вопросы для обсуждения: Многоканальная астрономия (электромагнитный, гравитационно-волновой, нейтринный каналы). Экзопланеты и поиск жизни. Современные обсерватории и телескопы. Искусственный интеллект в астрофизике.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в астрофизику и космологию.

Вопросы для обсуждения: Расчёт расстояний и светимостей по

фотометрическим данным. Оценка масс объектов по законам Кеплера. Перевод астрофизических единиц.

Тема 2: Звёздная астрофизика

Вопросы для обсуждения: Расчёт времени жизни звезды на главной последовательности. Моделирование эволюции звезды.

Тема 3: Физика галактик и межзвёздной среды.

Вопросы для обсуждения: Расчёт вращательной кривой галактики. Оценка массы галактики по кривой вращения. Определение расстояний по красному смещению.

Тема 4: Релятивистская астрофизика и гравитация

Вопросы для обсуждения: Расчёт гравитационного радиуса чёрной дыры. Оценка энергии излучения аккреционного диска. Решение задач на гравитационное линзирование.

Тема 5: Современная космология

Вопросы для обсуждения: Интерпретация данных реликтового излучения. Моделирование расширения Вселенной.

Тема 6: Астрофизика высоких энергий

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии частиц по спектру. Оценка потоков космических лучей.

Тема 7: Перспективные направления астрофизики и космологии

Вопросы для обсуждения: Анализ данных транзитных экзопланет. Оценка обитаемости экзопланет. Работа с современными астрономическими базами данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в астрофизику и космологию. Звёздная астрофизика. Физика галактик и межзвёздной среды. Релятивистская астрофизика и гравитация. Современная космология. Астрофизика высоких энергий. Перспективные направления астрофизики и космологии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Введение в астрофизику и космологию. Звёздная астрофизика. Физика галактик и межзвёздной среды. Релятивистская астрофизика и гравитация. Современная космология. Астрофизика высоких энергий. Перспективные направления астрофизики и космологии.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Введение в астрофизику и космологию. Звёздная астрофизика. Физика галактик и межзвёздной среды. Релятивистская астрофизика и гравитация. Современная космология. Астрофизика высоких энергий. Перспективные направления астрофизики и космологии.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

Введение в астрофизику и космологию	ОПК-1	Тестирование
Звёздная астрофизика	ОПК-1	Тестирование
Физика галактик и межзвёздной среды	ОПК-1	Тестирование
Релятивистская астрофизика и гравитация	ОПК-1	Тестирование
Современная космология	ОПК-1	Тестирование
Астрофизика высоких энергий	ОПК-1	Тестирование
Перспективные направления астрофизики и космологии	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Введение в астрофизику и космологию»

1. Что является основным предметом изучения астрофизики?

- а) Движение небесных тел под действием гравитации
- б) Физические свойства и эволюция небесных объектов и Вселенной в целом
- в) Химический состав земной коры
- г) Происхождение жизни на Земле

2. Какой закон описывает связь между скоростью удаления галактик и расстоянием до них?

- а) Закон всемирного тяготения
- б) Закон Хаббла
- в) Закон Стефана – Больцмана
- г) Закон Кеплера

3. Что такое красное смещение в спектрах галактик?

- а) Увеличение интенсивности красного цвета в спектре
- б) Сдвиг спектральных линий в длинноволновую область вследствие эффекта Доплера
- в) Поглощение света межзвёздной пылью
- г) Результат гравитационного линзирования

4. Какое излучение называется реликтовым?

- а) Излучение, испускаемое реликтовыми частицами
- б) Остаточное тепловое излучение, возникшее на ранней стадии эволюции Вселенной
- в) Излучение от древних звёзд
- г) Радиоизлучение от галактик

5. Какова приблизительная температура реликтового излучения в настоящее время?

- а) 2,7 К
- б) 27 К
- в) 270 К
- г) 2700 К

6. Какой химический элемент является самым распространённым во Вселенной?

- а) Кислород
- б) Водород
- в) Углерод
- г) Железо

7. Что представляет собой диаграмма Герцшпрунга – Рассела?

- а) Зависимость светимости звёзд от их температуры (спектрального класса)
- б) Зависимость массы звёзд от их радиуса
- в) Карта распределения галактик на небе
- г) График изменения скорости вращения Галактики

8. Какая звезда является ближайшей к Солнечной системе?

- а) Альфа Центавра
- б) Проксима Центавра
- в) Сириус
- г) Барнарда

9. Что такое чёрная дыра?

- а) Область пространства с очень низкой температурой
- б) Объект с гравитационным полем, настолько сильным, что даже свет не может его покинуть
- в) Тёмное облако газа и пыли
- г) Массивная нейтронная звезда

10. Какая постоянная используется в законе Хаббла для связи скорости и расстояния?

- а) Гравитационная постоянная
- б) Постоянная Планка
- в) Постоянная Хаббла
- г) Постоянная Больцмана

11. Что такое световой год?

- а) Расстояние, которое свет проходит за один год
- б) Время, за которое свет доходит от Солнца до Земли
- в) Год, в котором было сделано важное открытие
- г) Период обращения Земли вокруг Солнца

12. Каков приблизительный возраст Вселенной согласно современным данным?

- а) 4,5 миллиарда лет
- б) 13,8 миллиарда лет
- в) 100 миллиардов лет
- г) 1 миллиард лет

13. Что такое тёмная материя?

- а) Материя, которая не взаимодействует с электромагнитным излучением и проявляется только гравитационно
- б) Материя, состоящая из чёрных дыр
- в) Обычное вещество, которое мы не видим из-за пыли
- г) Антиматерия

14. Что такое тёмная энергия?

- а) Энергия, связанная с гравитационным взаимодействием
- б) Гипотетическая форма энергии, вызывающая ускоренное расширение Вселенной
- в) Энергия, выделяющаяся при аннигиляции вещества и антивещества
- г) Энергия реликтового излучения

15. Какой космический телескоп был запущен для наблюдений в инфракрасном диапазоне и является преемником Хаббла?

- а) Спитцер
- б) Джеймс Уэбб
- в) Кеплер
- г) Чандра

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

1. Предмет и задачи астрофизики и космологии. Основные астрофизические объекты и иерархия структур во Вселенной.
2. Методы астрофизических наблюдений. Электромагнитный спектр и его использование в астрофизике.
3. Физические характеристики звёзд: светимость, температура, масса, радиус. Методы их определения.
4. Диаграмма Герцшпрунга – Рассела: строение, эволюционные треки, основные последовательности.
5. Внутреннее строение звёзд. Уравнения гидростатического равновесия и переноса энергии.
6. Термоядерные реакции в звёздах. Основные циклы (протон-протонный, CNO-цикл).
7. Эволюция звёзд различной массы. Конечные стадии: белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры.
8. Сверхновые звёзды: типы, механизмы взрыва, роль в химической эволюции Вселенной.
9. Морфологическая классификация галактик. Структура спиральных и эллиптических галактик.
10. Проблема скрытой массы. Вращение галактик и кривые вращения.
11. Активные ядра галактик и квазары. Механизмы энерговыделения.
12. Межзвёздная среда: газ, пыль, магнитные поля. Роль в звездообразовании.
13. Общая теория относительности как основа современной астрофизики. Основные предсказания.
14. Чёрные дыры: свойства, типы, наблюдательные проявления. Гравитационный радиус.
15. Гравитационные волны: природа, источники, методы регистрации.
16. Космологический принцип. Уравнение Фридмана и модели расширяющейся Вселенной.
17. Реликтовое излучение: свойства, анизотропия, космологическое значение.
18. Тёмная материя и тёмная энергия: наблюдательные проявления, современные модели.
19. Космические лучи: состав, спектры, механизмы ускорения. Нейтринная и гамма-астрономия.
20. Многоканальная астрономия. Современные обсерватории и перспективные направления астрофизических исследований.

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. Гусейханов, М. К. Основы астрофизики: учебное пособие для вузов / М. К. Гусейханов. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 208 с. — ISBN 978-5-507-46822-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/321188#2>
2. Гусейханов, М. К. Основы космологии: учебное пособие для вузов / М. К. Гусейханов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 192 с. — ISBN 978-5-507-47392-2. —

Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/367022#1>

Дополнительная литература:

1. Леонова, Л. Ю. Астрофизика звезд: учебное пособие / составители Л. Ю. Леонова [и др.]. — Воронеж: ВГУ, 2018. — 60 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/171152#60>

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 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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология производства солнечных элементов и модулей»

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. Наименование дисциплины *«Технология производства солнечных элементов и модулей»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Технология производства солнечных элементов и модулей».*

Цель изучения дисциплины:

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
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: Уметь: Владеть:

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина *«Технология производства солнечных элементов и модулей»* представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Сырьевая база и классификация технологий	Место фотоэлектрических технологий в современной энергетике. Основные виды сырья для производства солнечных элементов. Классификация технологий солнечных элементов. Сравнительный анализ технологий по эффективности, стоимости, ресурсоёмкости.
2.	Получение кремниевых пластин	Технологии получения поликремния. Выращивание монокристаллических слитков. Получение мультикристаллического кремния методом направленной кристаллизации. Резка слитков на пластины. Очистка, травление и текстурирование поверхности. Оценка качества пластин.
3.	Технология изготовления кремниевых солнечных элементов	Основные технологические операции: удаление повреждённого слоя, текстурирование, диффузия фосфора для формирования эмиттерного слоя. Удаление фосфорного стекла и изоляция краёв. Пассивация поверхности и формирование антиотражающего покрытия. Нанесение металлических контактов.
4.	Технология тонкоплёночных солнечных элементов	Аморфный кремний. Теллурид кадмия. Селенид меди-индия-галлия. Перовскитные солнечные элементы. Сравнение тонкоплёночных технологий по КПД, стоимости, долговечности.
5.	Сборка и ламинирование солнечных модулей	От солнечного элемента к модулю: последовательное и параллельное соединение элементов. Схемы соединения и байпасные диоды для защиты от затенения. Структура

		модуля. Технология ламинирования. Обрамление модуля, установка распределительной коробки. Контроль качества на каждом этапе сборки.
6.	Контроль качества, испытания и сертификация	Методы контроля на производстве: визуальный контроль, электролюминесценция, фотолюминесценция, измерение вольт-амперных характеристик. Квалификационные испытания по стандартам IEC 61215, IEC 61730. Испытания на надёжность и долговечность. Требования к маркировке и сертификации. Статистические методы управления качеством в производстве.
7.	Современные тенденции и перспективные технологии	Повышение эффективности: тандемные и многопереходные элементы. Бифасциальные модули. Автоматизация и цифровизация производства. Утилизация и вторичная переработка солнечных модулей. Экономика производства и прогноз развития фотовольтаики.

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. Сырьевая база и классификация технологий

Вопросы для обсуждения: Фотоэлектрические технологии. Сырьё: кремний, соединения, теллурид кадмия, селенид меди-индия-галлия. Классификация: монокристаллический и мультикристаллический кремний, аморфный кремний. Сравнение по эффективности, стоимости, ресурсоёмкости.

Тема 2: Получение кремниевых пластин

Вопросы для обсуждения: Поликремний. Выращивание монокристаллов. Направленная кристаллизация. Резка, очистка, текстурирование. Оценка качества пластин.

Тема 3: Технология изготовления кремниевых солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Удаление повреждённого слоя, текстурирование. Диффузия фосфора. Пассивация, антиотражающее покрытие. Нанесение контактов, вжигание.

Тема 4: Технология тонкоплёночных солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Аморфный кремний. Теллурид кадмия. Селенид меди-индия-галлия. Перовскитные элементы. Сравнение по КПД, стоимости, долговечности.

Тема 5: Сборка и ламинирование солнечных модулей

Вопросы для обсуждения: Соединение элементов. Байпасные диоды. Структура модуля: стекло, инкапсулянт, элементы, задняя плёнка. Ламинирование. Обрамление, распределительная коробка.

Тема 6: Контроль качества, испытания и сертификация

Вопросы для обсуждения: Методы контроля: визуальный, электролюминесценция, фотолюминесценция, измерение вольт-амперных характеристик.

Тема 7: Современные тенденции и перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Тандемные и многопереходные элементы. Бифасциальные модули. Бесшиновые технологии.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Сырьевая база и классификация технологий

Вопросы для обсуждения: Сравнение эффективности технологий. Оценка себестоимости. Выбор технологии для климатических условий.

Тема 2: Получение кремниевых пластин

Вопросы для обсуждения: Расчёт выхода годных пластин. Определение сопротивления. Оценка времени жизни носителей. Анализ дефектов.

Тема 3: Технология изготовления кремниевых солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров диффузионного слоя. Определение толщины антиотражающего покрытия. Моделирование процесса. Сравнение технологий.

Тема 4: Технология тонкоплёночных солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Расчёт толщины поглощающего слоя. Оценка влияния дефектов. Сравнение стабильности технологий. Выбор метода нанесения.

Тема 5: Сборка и ламинирование солнечных модулей

Вопросы для обсуждения: Расчёт мощности модуля. Определение потерь при соединении. Выбор профиля ламинации. Контроль пайки и герметизации.

Тема 6: Контроль качества, испытания и сертификация

Вопросы для обсуждения: Анализ вольт-амперных характеристик. Интерпретация электролюминесценции. Расчёт снижения мощности при ускоренных испытаниях. Составление плана испытаний.

Тема 7: Современные тенденции и перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Анализ экономической эффективности. Оценка бифасциальных модулей. Расчёт срока окупаемости. Обсуждение утилизации.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение. Сырьевая база и классификация технологий. Получение кремниевых пластин. Технология изготовления кремниевых солнечных элементов. Технология тонкоплёночных солнечных элементов. Сборка и ламинирование солнечных модулей. Контроль качества, испытания и сертификация. Современные тенденции и перспективные технологии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Сравнение эффективности технологий и оценка себестоимости. Расчёт выхода годных пластин и определение сопротивления. Оценка времени жизни носителей и анализ дефектов. Расчёт параметров диффузионного слоя и толщины антиотражающего покрытия. Моделирование процесса вжигания контактов. Расчёт снижения мощности при ускоренных испытаниях. Анализ экономической эффективности и оценка бифасциальных модулей. Расчёт срока окупаемости.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение

пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация фотоэлектрических технологий. Сырьевая база. Методы получения кремниевых пластин. Технологические операции изготовления кремниевых элементов. Испытания на надёжность. Современные тенденции: tandemные элементы, бифасциальные модули. Экономика производства.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

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 (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, лабораторные работы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

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. Сырьевая база и классификация технологий	ОПК-2	Тестирование
Получение кремниевых пластин	ОПК-2	Тестирование
Технология изготовления кремниевых солнечных элементов	ОПК-2	Тестирование
Технология тонкоплёночных солнечных элементов	ОПК-2	Тестирование
Сборка и ламинирование солнечных модулей	ОПК-2	Тестирование
Контроль качества, испытания и сертификация	ОПК-2	Тестирование
Современные тенденции и перспективные технологии	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Введение. Сырьевая база и классификация технологий»

1. Какой материал является основным сырьём для производства большинства солнечных элементов?

- а) Германий
- б) Кремний
- в) Арсенид галлия
- г) Теллурид кадмия

2. Какой метод используется для получения монокристаллического кремния?

- а) Направленная кристаллизация
- б) Метод Чохральского
- в) Метод зонной плавки
- г) Метод Бриджмена

3. Какая технология относится к тонкоплёночным (thin-film)?

- а) Монокристаллический кремний
- б) Поликристаллический кремний
- в) Аморфный кремний
- г) PERC

4. Какой из перечисленных материалов имеет самую высокую эффективность лабораторных солнечных элементов?

- а) Кремний (монокристаллический)
- б) Теллурид кадмия (CdTe)
- в) Селенид меди-индия-галлия (CIGS)
- г) Перовскит

5. Что такое поликремний?

- а) Кремний с монокристаллической структурой
- б) Кремний высокой чистоты, состоящий из множества кристаллитов
- в) Аморфный кремний
- г) Кремний, легированный бором

6. Какая технология является наиболее распространённой в промышленном производстве солнечных элементов?

- а) Тонкоплёночная (CdTe)
- б) Кремниевая (wafer-based)
- в) Перовскитная
- г) Органическая

7. Какое из перечисленных соединений относится к A⁺BCV?

- а) CdTe
- б) GaAs
- в) CIGS
- г) a-Si

8. Какой фактор является основным при выборе технологии производства солнечных элементов для наземных электростанций?

- а) Только эффективность
- б) Соотношение эффективности и стоимости
- в) Только стоимость
- г) Только долговечность

9. Что такое wafer в контексте производства солнечных элементов?

- а) Тонкая плёнка полупроводника
- б) Пластина кремния
- в) Готовый солнечный модуль
- г) Стеклянная подложка

10. Какая технология использует селенизацию для формирования поглощающего слоя?

- а) Аморфный кремний
- б) CdTe
- в) CIGS
- г) Перовскит

11. Какой метод используется для получения мультикристаллического кремния?

- а) Зонная плавка
- б) Метод Чохральского
- в) Направленная кристаллизация
- г) Эпитаксия

12. Какая тонкоплёночная технология характеризуется наименьшей стоимостью производства?

- а) a-Si

- б) CdTe
- в) CIGS
- г) Перовскит

13. Что является основным ограничением для широкого применения перовскитных солнечных элементов?

- а) Низкая эффективность
- б) Высокая стоимость
- в) Нестабильность и проблемы масштабирования
- г) Сложность структуры

14. Какой материал используется в технологии CIGS в качестве поглощающего слоя?

- а) Селенид меди-индия-галлия
- б) Теллурид кадмия
- в) Аморфный кремний
- г) Перовскит

15. Что характеризует технологию PERC?

- а) Это тонкоплёночная технология
- б) Это модификация кремниевой технологии с пассивацией тыльной поверхности
- в) Это технология на основе органических материалов
- г) Это технология на основе перовскитов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Место фотоэлектрических технологий в современной энергетике. Основные виды сырья для производства солнечных элементов.
2. Классификация технологий солнечных элементов. Сравнительный анализ технологий по эффективности, стоимости и ресурсоёмкости.
3. Технологии получения поликремния. Достоинства и недостатки различных методов.
4. Выращивание монокристаллических слитков кремния: метод Чохральского. Основные этапы, параметры процесса.
5. Метод зонной плавки для получения монокристаллического кремния. Сравнение с методом Чохральского.
6. Получение мультикристаллического кремния методом направленной кристаллизации. Особенности структуры и свойств.
7. Резка слитков на пластины. Очистка, травление и текстурирование поверхности. Оценка качества пластин.
8. Основные технологические операции изготовления кремниевого солнечного элемента: удаление повреждённого слоя, текстурирование, диффузия фосфора.
9. Удаление фосфорного стекла и изоляция краёв. Пассивация поверхности и формирование антиотражающего покрытия.
10. Нанесение металлических контактов на кремниевые солнечные элементы. Вжигание контактов.
11. Технология аморфного кремния: структура p-i-n, методы осаждения, стабилизация.
12. Технология солнечных элементов на основе теллурида кадмия: метод близкого испарения, обработка хлоридом кадмия, формирование контактов.
13. Технология CIGS: соосаждение, селенизация, особенности структуры. Преимущества и ограничения.
14. Перовскитные солнечные элементы: структура, методы нанесения, проблемы стабильности и масштабирования.
15. Сравнение тонкоплёночных технологий по КПД, стоимости и долговечности.
16. Сборка солнечных модулей: последовательное и параллельное соединение элементов. Схемы соединения и байпасные диоды.

17. Структура солнечного модуля: переднее стекло, инкапсулянт, элементы, задняя защитная плёнка. Технология ламинирования.
18. Обрамление модуля и установка распределительной коробки. Контроль качества на этапах сборки.
19. Методы контроля качества на производстве: визуальный контроль, электролюминесценция, фотолюминесценция, измерение вольт-амперных характеристик.
20. Квалификационные испытания по стандартам IEC 61215 и IEC 61730. Испытания на надёжность и долговечность. Современные тенденции: тандемные элементы, бифасциальные модули, автоматизация производства, утилизация и экономика фотовольтаики.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература:

1. Велькин, В. И. Возобновляемая энергетика и энергосбережение: учебник / В. И. Велькин, Я. М. Щелоков, С. Е. Щеклеин; под общ. ред. В. И. Велькина. – Москва: ФЛИНТА, 2022. – 312 с. – ISBN 978-5-9765-4843-3. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=413972>

Дополнительная литература:

1. Полисан, А. А. Материалы и элементы электронной техники. Тонкопленочные многослойные структуры и солнечные элементы на основе гидрогенизированного аморфного и нанокристаллического кремния: учебное пособие / А. А. Полисан. — Москва: ИД МИСиС, 2007. — 17 с. — Текст: электронный // Znanium: <https://e.lanbook.com/book/117199>

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 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»
Вышей школы Нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Метрология»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии
Ляхов Герман Геннадьевич, старший преподаватель БФУ им. И. Канта

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. Наименование дисциплины «*Метрология*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Метрология».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний об общих принципах организации метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации, а также освоение методов и технических средств измерений основных технических параметров и характеристик, методов обработки результатов измерений и средств тестирования.

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: общие принципы организации метрологического обеспечения, стандартизации и сертификации, методы и технические средства измерений основных параметров и характеристик, способы обработки результатов измерений и оценки их точности. Уметь: использовать теоретические и экспериментальные физико-математические методы для решения научно-исследовательских задач в области метрологии, применять методы и средства тестирования, обрабатывать результаты измерений с учётом погрешностей и неопределённостей. Владеть: навыками организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований с применением метрологических подходов, способностью прогнозировать использование знаний и методов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач, связанных с обеспечением единства измерений и контроля качества.
ОПК-3. Способен прогнозировать применимость результатов научной и профессиональной деятельности и	ОПК-3.1. Проводит анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики и математики.	Знать: методы и средства метрологического обеспечения экспериментальных исследований, способы анализа точности и достоверности полученных результатов, а также подходы к

использовать знания и методы из области физико-математических наук в различных задачах с учетом комплексного подхода	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.	интерпретации измерительных данных в контексте физико-математических наук. Уметь: проводить анализ результатов научных исследований и профессиональной деятельности в области физики с применением метрологических методов, участвовать в научно-исследовательских дискуссиях о передовых методах и технологиях измерений, а также описывать результаты исследований с использованием подходов из различных областей науки. Владеть: навыками прогнозирования применимости результатов научной и профессиональной деятельности с учетом требований метрологии, способностью использовать знания и методы из области физико-математических наук для решения измерительных задач с комплексным подходом, включая оценку погрешностей и неопределённостей измерений.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации

преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Метрология как наука об измерениях	Понятия и основные проблемы метрологии. Физические величины и их измерения. Шкалы измерений. Системы физических величин. Классификация измерений. Принципы, методы и методики измерений. Системы единиц физических величин. Средства измерений (СИ) и их свойства. Метрологические характеристики СИ. Нормирование погрешностей СИ. Класс точности СИ и его обозначение. Эталоны и их использование.
2.	Теория погрешностей измерений	Понятие погрешности измерений. Модели объекта и погрешности измерений. Источники и классификация погрешностей измерений. Случайные и систематические погрешности. Методы обработки результатов прямых измерений. Однократные измерения. Определение результатов косвенных измерений и оценивание их погрешностей. Записи погрешностей и правила округления.
3.	Методы и средства измерений физических величин	Измерение токов и напряжений. Аналоговые и цифровые вольтметры. Цифровые мультиметры. Измерительные генераторы. Генераторы различных диапазонов частот. Цифровые генераторы. Генераторы качающейся частоты и сигналов специальной формы. Генераторы шума. Исследование формы напряжения. Электронные осциллографы. Цифровые осциллографы. Скоростные и стробоскопические осциллографы. Измерение частоты и интервалов времени. Резонансный метод. Гетеродинный метод. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора. Цифровой метод измерения частоты и интервалов времени. Измерение фазового сдвига. Осциллографические методы. Компенсационный метод. Метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. Цифровые методы измерения фазового сдвига. Измерение электрической мощности. Измерение мощности в диапазонах низких и высоких частот. Ваттметры на интегральных аналоговых перемножителях. Измерение мощности СВЧ – колебаний. Цифровые ваттметры. Анализ спектра сигналов. Параллельный и последовательный анализ спектра. Цифровой анализ спектра. Быстрое преобразование Фурье. Цифровые анализаторы спектра. Анализаторы спектра на цифровых фильтрах. Измерение нелинейных искажений..
4.	Стандартизация и техническое регулирование	Цели стандартизации. Принципы стандартизации. Организация работ по стандартизации. Документы в области стандартизации. Международная стандартизация. Классификация стандартов. Цели применения технических регламентов. Содержание и

		применение технических регламентов. Виды технических регламентов. Порядок разработки и принятия технических регламентов. Государственный контроль и надзор за соблюдением технических регламентов.
5.	Сертификация и подтверждение соответствия	Понятие подтверждения соответствия. Принципы подтверждения соответствия. Формы подтверждения соответствия. Добровольное подтверждение соответствия. Обязательное подтверждение соответствия. Сертификация систем обеспечения качества
6.	Правовые основы обеспечения единства измерений	Необходимость правового регулирования метрологической деятельности. Основные положения Закона РФ «Об обеспечении единства измерений». Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка СИ. Ответственность за нарушение законодательства по метрологии. Международные организации по метрологии. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Метрология как наука об измерениях.

Вопросы для обсуждения: Понятия и основные проблемы метрологии. Физические величины и их измерения.

Тема 2: Теория погрешностей измерений.

Вопросы для обсуждения: Погрешности измерений. Модели объекта и погрешности измерений. Методы обработки результатов измерений и оценивание их погрешностей.

Тема 3: Методы и средства измерений физических величин.

Вопросы для обсуждения: Измерение токов и напряжений. Измерительные генераторы. Исследование формы напряжения. Осциллографы. Измерение частоты и интервалов времени. Измерение фазового сдвига. Измерение электрической мощности. Анализ спектра сигналов. Параллельный и последовательный анализ спектра. Цифровой анализ спектра. Быстрое преобразование Фурье. Цифровые анализаторы спектра. Анализаторы спектра на цифровых фильтрах. Измерение нелинейных искажений.

Тема 4: Стандартизация и техническое регулирование.

Вопросы для обсуждения: Стандартизация Технические регламент.

Тема 5: Сертификация и подтверждение соответствия

Вопросы для обсуждения: Подтверждение соответствия. Сертификация систем обеспечения качества.

Тема 6: Правовые основы обеспечения единства измерений

Вопросы для обсуждения: Правовое регулирование метрологической деятельности.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Метрология как наука об измерениях.

Вопросы для обсуждения: Классификация измерений. Единицы физических величин.

Тема 2: Теория погрешностей измерений.

Вопросы для обсуждения: Прямые и косвенные однократные измерения. Обработка и представление результатов однократных измерений при наличии систематической погрешности. Стандартная обработка результатов прямых измерений с многократными наблюдениями.

Тема 3: Методы и средства измерений физических величин.

Вопросы для обсуждения: Измерение постоянного напряжения и тока. Измерение переменного напряжения. Изучение методов измерения вольт-амперных характеристик двухполюсников. Изучение методов измерения амплитудно-частотных характеристик 4-х полюсников. Изучение измерительных генераторов высоких частот. Измерение параметров периодического напряжения с помощью осциллографа.

Тема 4: Стандартизация и техническое регулирование.

Вопросы для обсуждения: Нормативные документы по стандартизации. Виды стандартов. Технические регламенты. Национальная система стандартизации.

Тема 5: Сертификация и подтверждение соответствия

Вопросы для обсуждения: Цели и принципы сертификации. Формы подтверждения соответствия. Обязательная и добровольная сертификация. Схемы сертификации. Знаки соответствия. Декларирование соответствия.

Тема 6: Правовые основы обеспечения единства измерений

Вопросы для обсуждения: Законодательная база обеспечения единства измерений. Государственная метрологическая служба.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Метрология как наука об измерениях. Теория погрешностей измерений. Методы и средства измерений физических величин. Стандартизация и техническое регулирование. Сертификация и подтверждение соответствия. Правовые основы обеспечения единства измерений.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт погрешностей прямых и косвенных измерений. Обработка результатов многократных измерений. Выбор средств измерений по точности. Определение систематических и случайных погрешностей. Запись результата измерения с учётом неопределённости.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия и определения метрологии. Классификация средств измерений. Виды погрешностей. Обработка результатов измерений. Цели и принципы стандартизации. Виды стандартов и технических регламентов. Формы подтверждения соответствия. Правовые основы метрологии.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Метрология как наука об измерениях	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Теория погрешностей измерений	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование, выполнение практических работ
Методы и средства измерений физических величин	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование, выполнение практических работ
Стандартизация и техническое регулирование	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Сертификация и подтверждение соответствия	ОПК-2, ОПК-3	Тестирование
Правовые основы обеспечения единства измерений	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 задания тестовых заданий:

По теме 1. Метрология как наука об измерениях

1. Качественной характеристикой физической величины является....
 1. размерность
 2. погрешность измерений
 3. постоянство во времени
 4. размер
2. Основной единицей системы SI не является ...
 1. ампер
 2. кельвин
 3. кандела
 4. вольт
3. Рабочий эталон применяется для ...
 1. сличения эталона-копии
 2. сличения эталона сравнения
 3. передачи размера единицы величины рабочим средствам измерений
 4. сличение с государственных эталоном
4. Свойство, общее в качественном отношении для множества объектов, но индивидуальное в количественном отношении для каждого из них, называется
 1. размером физической величины
 2. размерностью физической величины
 3. физической величиной
 4. фактором
5. По международной системе единиц физических величин сила измеряется
 1. м/с
 2. кг/м·с²
 3. рад/с
 4. ньютон
6. Метрологическими характеристиками средств измерений называются характеристики их свойств,...
 1. оказывающие влияние на объект измерения
 2. оказывающие влияние на результаты и точность измерений
 3. учитывающие условия выполнения измерений
 4. обеспечивающие метрологическую надежность
7. По уровню автоматизации различают средства измерения:
 1. автоматические
 2. автоматизированные
 3. централизованные
 4. неавтоматические
 5. оптимизированные
 6. локальные
8. Утверждение, названное основным постулатом метрологии гласит:
 1. каждый метод измерения имеет свою погрешность
 2. погрешность измерений имеет предел
 3. истинное значение измеряемой величины находится экспериментально
 4. отсчёт при измерении является случайным числом
9. Задачами метрологии являются
 1. установление единиц физических величин
 2. разработка методов оценки погрешности

3. оформление документации
4. обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений
10. Совокупность основных и произвольных единиц физических величин, образованная в соответствии с принципами для заданной системы физических величин, называется системой...
 1. единиц физических величин
 2. обеспечения единства измерений
 3. классификации
 4. стандартизации

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Метрология как наука об измерениях, разделы и задачи метрологии. Единство измерений. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).
2. Физические величины и их измерения. Определения основных понятий.
3. Классификация измерений. Виды измерений.
4. Принципы, методы и методики измерений.
5. Системы единиц физических величин. Основные определения. Система СИ.
6. Средства измерений и их свойства. Виды средств измерений и их классификация.
7. Метрологические характеристики СИ. Погрешности измерений и их классификация.
8. Эталоны и их использование. Классификация эталонов. Поверка и калибровка средств измерений.
9. Методы обработки результатов прямых и косвенных измерений.
10. Измерение токов и напряжений. Измеряемые параметры напряжения. Аналоговые вольтметры.
11. Цифровые вольтметры. Структурная схема цифрового вольтметра.
12. Кодоимпульсные цифровые вольтметры. Структурная схема и диаграммы работы.
13. Вольтметры с времяимпульсным преобразованием. Структурная схема и диаграммы работы.
14. Времяимпульсные вольтметры с двойным интегрированием. Структурная схема и диаграммы работы.
15. Цифровые мультиметры. Структурная схема цифрового мультиметра с микропроцессором.
16. Измерительные генераторы сигналов. Структурная измерительная схема генератора сигналов. LC – генераторы. RC – генераторы. Измерительный генератор на биениях.
17. Генераторы стандартных сигналов. Генераторы сверхвысоких частот.
18. Цифровой генератор низких частот. Принципы аппроксимации сигналов.
19. Импульсный генератор. Структурная схема и временные диаграммы.
20. Исследование формы напряжения. Структурная схема электронного осциллографа.
21. Электронно-лучевая трубка. Основные характеристики и схема управления лучом ЭЛТ. Схема управления лучом ЭЛТ. Матричная индикаторная панель.
22. Структурная схема запоминающего цифрового осциллографа. Запоминающая ЭЛТ.
23. Принцип работы преобразователя стробоскопического осциллографа. Схема и временные диаграммы.
24. Структурная схема цифрового осциллографа.
25. Структурная схема резонансного и гетеродинного частотомеров. Структурная схема дискретного гетеродинного преобразователя.
26. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора. Принцип действия конденсаторного частотомера.
27. Цифровой (дискретного счета) метод измерения частоты. Цифровой частотомер: структурная схема и временные диаграммы.
28. Цифровой метод измерения интервалов времени. Цифровой частотомер в режиме

измерения периода.

29. Структурная схема измерителя временных интервалов с микропроцессором.
30. Измерение электрической мощности. Ваттметры электродинамической системы. Ваттметры на интегральных аналоговых перемножителях.
31. Способы измерения мощности СВЧ - колебаний ваттметром: поглощающей мощности, проходящей мощности.
32. Методы измерений малых мощностей СВЧ – колебаний. Схема неуравновешенного моста. Схема уравновешенного моста с терморезистором.
33. Калориметрический метод измерения мощности. Схемы с поглощающей нагрузкой и проходящей мощности.
34. Структурная схема цифрового ваттметра.
35. Анализ спектра сигналов. Параллельный анализ спектра. Структурная схема и временные диаграммы анализатора.
36. Структурная схема и временные диаграммы анализатора спектра последовательного типа.
37. Представление аналогового сигнала дискретным преобразованием Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Структурная схема анализатора с реализацией БПФ.
38. Структурная схема современного цифрового анализатора.
39. Стандартизация. Цели и принципы стандартизации.
40. Организация работ по стандартизации. Документы в области стандартизации.
41. Международная стандартизация. Классификация стандартов.
42. Технические регламенты. Объекты и цели применения технических регламентов.
43. Содержание и применение технических регламентов.
44. Виды технических регламентов. Порядок разработки и принятия технических регламентов.
45. Государственный контроль и надзор за соблюдением технических регламентов.
46. Понятие и цели подтверждения соответствия.
47. Принципы подтверждения соответствия.
48. Формы подтверждения соответствия.
49. Добровольное подтверждение соответствия.
50. Обязательное подтверждение соответствия.
51. Основные положения Закона РФ «О техническом регулировании».
52. Основные положения Закона РФ «Об обеспечении единства измерений».

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

		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 зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Эрастов В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / В. Е. Эрастов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2022. - 1 on-line, 196 с. - (Высшее образование - бакалавриат). - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1834663>

Дополнительная литература

1. Кузьмин А. В. Метрология, стандартизация и сертификация с основами управления качества: учебное пособие / А. В. Кузьмин, С. Н. Шуханов, В. Д. Коваливнич; Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского. - Иркутск: Иркутский ГАУ, 2018. - 1 on-line, 388 с
2. Схиртладзе А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов / А. Г. Схиртладзе, Я. М. Радкевич. - Старый Оскол: ТНТ, 2015. - 539 с. - Библиогр.: с. 777-780. - ISBN 978-5-94178-208-6
3. Герасимова Е. Б. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие для вузов / Е. Б. Герасимова, Б. И. Герасимов. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014. - 223 с. - (Профессиональное образование). - Библиогр.: с. 218-220 (38 назв.). - ISBN 978-5-91134-203-6. - ISBN 978-5-16-009000-9
4. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие для вузов / под ред. А. С. Сигова. - 3-е изд. - Москва: Форум, 2014. - 328 с. - (Профессиональное образование). - Библиогр.: с. 323-326 (67 назв.). - ISBN 978-5-91134-294-1

5. Мочалов В. Д. Метрология, стандартизация и сертификация. Взаимозаменяемость и технические измерения: учеб. пособие для вузов / В. Д. Мочалов, А. А. Погонин, А. Г. Схиртладзе. - Старый Оскол: ТНТ, 2014. - 263 с.: табл. - Вариант загл.: Взаимозаменяемость и технические измерения. - Библиогр.: с. 263 (11 назв.). - ISBN 978-5-94178-289-5
6. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - 2-е изд., перераб. и доп., 2013. - 838, [1] с.: ил., табл. - (Бакалавр. Углубленный курс). - Библиогр.: с. 832-838 (100 назв.). - ISBN 978-5-9916-1954-7. - ISBN 978-5-9692-1356-2
7. Димов Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов / Ю. В. Димов. - [4-е изд.]. - Москва [и др.]: Питер, 2013. - 496 с.: ил. - (Учебник для вузов) (Стандарт третьего поколения). - Библиогр.: с. 494-496 (50 назв.). - ISBN 978-5-496-00033-8
8. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для бакалавров вузов / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. - 2012. - 813 с.: ил., табл. - (Бакалавр). - ISBN 978-5-9916-1561-7

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

-

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

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

Для проведения практических занятий (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»
Высшей школы Нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Микроскопия: методы визуализации в микро- и нано-масштабе»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ Нанотехнологий и инженерии;
к. б. н., ст. н. с. отдела электронной микроскопии НИИ Физико-химической биологии имени А. Н. Белозерского МГУ Голышев С. А.

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. Наименование дисциплины *«Микроскопия: методы визуализации в микро- и нано-масштабе»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: *«Микроскопия: методы визуализации в микро- и нано-масштабе».*

Цель изучения дисциплины: ознакомление студентов с физическими основами современных методов визуализации малых объектов с применением микроскопов различных типов, с возможностями и ограничениями методов визуализации, а также привитие базовых практических навыков использования методов световой и электронной микроскопии.

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: особенности работы цифровых устройств регистрации изображений, применяемых в тандеме с микроскопами, и физические принципы, лежащие в основе их функционирования; основные законы оптики, определяющие функционирование микроскопов и принципы формирования изображения, понимать природу дифракционного ограничения разрешающей способности микроскопов; базовые принципы квантовой теории и процессы, происходящие при взаимодействии электронного луча с веществом; Уметь: классифицировать квантовые приборы; готовить препараты культивируемых <i>in vitro</i> прикрепляющихся клеток для исследования в проходящем свет и с использованием флуоресцентных маркеров;

		готовить препараты суспензионных клеток для исследования с применением просвечивающего электронного микроскопа; Владеть: базовыми навыками работы на различных микроскопах, а также обработкой полученных с них данных;

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Микроскопия: методы визуализации в микро- и нано-масштабе» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение, историческая справка и основы оптики	Краткая историческая справка, роль микроскопии, как метода исследования, в развитии естественных наук. Природа света, волны и фотоны. Энергия светового излучения. Основы геометрической и волновой оптики. Оптические системы и построение изображения. Законы преломления и отражения. Показатель преломления.

		Линзы. Построение изображения с помощью линзы. Увеличение оптической системы
2.	Глаз, как оптическая система и разрешающая способность оптических систем.	Постулаты Эйнштейна. Понятие индуцированных переходов. Коэффициенты Эйнштейна и связь между ними. Формула Планка. Действия света. Детектирование изображения, современные детекторы. Строение человеческого глаза. Глаз как оптическая система. Преломляющие среды глаза, оптический центр глаза. Сетчатка – детектор. Разрешающая способность глаза. Астигматизм. Теорема Найквиста-Шеннона -Котельникова-Уиттакера. Приборы, «вооружающие глаз».
3.	Принципиальная схема микроскопа	Основные компоненты – объектив, характеристики и свойства, коррекция «на бесконечность», типы объективов, специальные объективы, осветитель, роль конденсора, типы конденсоров, роль диафрагм, системы сопряженных оптических плоскостей, критическое освещение и освещение по Келлеру, окуляр, функционирование окуляра. Ход лучей в микроскопе. Аберрации оптических систем и их преодоление. Дифракционная теория формирования изображения в микроскопе. Пятно рассеяния, диск Эйри, критерий Релея. Формула Аббе для работы в проходящем свете, иммерсионная оптика, тестирование разрешающей способности. Разрешающая способность по глубине, глубина резкости. Полезное увеличение при визуальных наблюдениях.
4.	Генерация контраста в световой микроскопии и подготовка образцов для работы в проходящем свете.	Амплитудный контраст. Гисто- и цитохимия. Приготовление препаратов для работы в проходящем свете. Наблюдение прозрачных объектов, фазовый и дифференциально-интерференционный контраст. Микроскопия в темном поле (ультрамикроскоп)
5.	Флуоресцентные методы микроскопического исследования в биологии	Феномен флуоресценции. Флуоресцентные трейсеры для биологических исследований – низкомолекулярные флуорохромы, конъюгаты, флуоресцентные белки. Внесение флуоресцентных трейсеров в биологические объекты – иммуноцитохимия и генетические конструкторы. Подготовка материала для исследования с помощью флуоресцентных методов. Фото Обесцвечивание и разрушение флуорохромов – предотвращение и применение. Микроскоп для наблюдения флуоресценции. Основные детали: осветитель, система фильтров, монохроматоры. Принцип работы. Формула Аббе для самосветящихся объектов. Функция рассеяния для точечного источника. Регистрация слабых сигналов, цифровые камеры, природа цифрового изображения, динамический диапазон, соотношение сигнал/шум. Контраст флуоресцентного изображения, вне фокусное свечение. Удаление паразитных вкладов. Деконволюция.
6.	Лазерный сканирующий	Принципиальная схема. Освещение с помощью точечного источника. Почему лазер? Диафрагма детектора, детектор.

	конфокальный микроскоп.	Принцип сканирования. Возможности конфокального микроскопа – трехмерная реконструкция, динамические эксперименты с использованием флуоресцентных белков. Фотообесцвечивание флуорохромов – применение. Ограничения и особенности конфокального микроскопа. Конфокальные микроскопы щелевой и дисковой разверткой. 4Pi-микроскоп, конструкция, принцип действия, применение и ограничения. Нелинейный эффект поглощения двух фотонов. Мультфотонный конфокальный микроскоп, принцип действия. Достоинства и применения.
7.	Преодоление дифракционного предела в оптической микроскопии	Системы структурированного освещения, эффект муара и извлечение дополнительной информации. Локализационная микроскопия (PALM/STORM). Микроскопия с обесцвечиванием за счет вынужденного излучения (STED). Микроскопия полного внутреннего отражения (TIRF).
8.	Электронная микроскопия	Физические основы. Волновые свойства электронов, эквивалентная длина волны, формула де Бройля, энергия электронов и релятивистские поправки. Электронная оптика, электростатические и магнитные линзы. Принципиальная схема просвечивающего электронного микроскопа. Генерация электронного пучка, типы источников электронов. Предельное разрешение электронного микроскопа. Регистрация изображения. Взаимодействие электронов с веществом, упругое и неупругое рассеяние электронов, вторичные электроны, эффект Оже, катодолюминесценция, рентгеновское излучение. Генерация контраста в просвечивающем электронном микроскопе. Рассеяние и длина свободного пробега электронов, толщина образца. Контраст массы-плотности, фазовый контраст. Спектроскопия потерь энергии электронов, Z-контраст и элементный анализ с помощью электронного микроскопа. Повреждение образца. Требования к объекту исследования.
9.	Сканирующий электронный микроскоп.	Принцип работы сканирующего электронного микроскопа, детектируемые излучения, разрешающая способность, применения. Сканирующий электронный микроскоп со сфокусированным ионным пучком (FIB-SEM), возможности и применения.
10.	Подготовка биологического образца для электронно-микроскопического исследования.	Типы объектов. Фиксация, контрастирование, обезвоживание замещением, сушка в критической точке. Стабилизация образцов: заливка в полимерные материалы, напыление углеродом и металлами. Приготовление ультратонких срезов. Дополнительное контрастирование. Крио-методы. Физические принципы, быстрая заморозка, предотвращение кристаллизации воды, замораживание-скалывание, замораживание-травление, криозамещение, приготовление ультратонких срезов витрифицированных образцов. Cryo-FIB-SEM.

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, историческая справка и основы оптики

Вопросы для обсуждения: История развития микроскопии. Основные законы геометрической и волновой оптики. Преломление, отражение, дифракция и интерференция света. Формирование изображения в оптических системах.

Тема 2: Глаз, как оптическая система и разрешающая способность оптических систем.

Вопросы для обсуждения: Строение глаза как оптической системы. Аккомодация. Разрешающая способность глаза.

Тема 3: Принципиальная схема микроскопа

Вопросы для обсуждения: Устройство оптического микроскопа. Объектив, окуляр, конденсор, осветитель. Ход лучей в микроскопе. Увеличение, разрешение, глубина резкости. Юстировка микроскопа.

Тема 4: Генерация контраста в световой микроскопии и подготовка образцов для работы в проходящем свете.

Вопросы для обсуждения: Методы повышения контраста: фазовый контраст, дифференциально-интерференционный контраст, темнопольная микроскопия. Подготовка препаратов для работы в проходящем свете. Фиксация, окрашивание, заливка, нарезка срезов.

Тема 5: Флуоресцентные методы микроскопического исследования в биологии

Вопросы для обсуждения: Принцип флуоресцентной микроскопии. Флуорофоры и флуоресцентные белки. Метод иммунофлуоресценции.

Тема 6: Фотонные кристаллы и управление светом на микро- и наномасштабе

Вопросы для обсуждения: Понятие фотонных кристаллов. Фотонная запрещённая зона. Применение фотонных кристаллов в микроскопии. Управление светом на микро- и наномасштабе.

Тема 7: Лазерный сканирующий конфокальный микроскоп.

Вопросы для обсуждения: Принцип работы конфокального микроскопа. Пространственное разрешение. Оптическое сечение. Точечный источник и детектор. Сканирование и реконструкция изображения. Преимущества и ограничения метода.

Тема 8: Электронная микроскопия

Вопросы для обсуждения: Физические основы электронной микроскопии. Корпускулярно-волновой дуализм электронов. Ускоряющее напряжение и длина волны электронов. Взаимодействие электронов с веществом. Типы электронных микроскопов.

Тема 9: Сканирующий электронный микроскоп.

Вопросы для обсуждения: Принцип работы сканирующего электронного микроскопа. Формирование изображения. Разрешение и глубина резкости. Применение для исследования поверхности.

Тема 10: Подготовка биологического образца для электронно-микроскопического исследования.

Вопросы для обсуждения: Фиксация и обезвоживание биологических образцов. Заливка в смолы. Ультрамикротомия. Контрастирование тяжёлыми металлами.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение, историческая справка и основы оптики

Вопросы для обсуждения: Краткая историческая справка, роль микроскопии, как метода исследования, в развитии естественных наук. Природа света, волны и фотоны. Энергия светового излучения. Основы геометрической и волновой оптики. Оптические системы и построение изображения. Законы преломления и отражения. Показатель преломления. Линзы. Построение изображения с помощью линзы. Увеличение оптической системы.

Тема 2: Глаз, как оптическая система и разрешающая способность оптических систем.

Вопросы для обсуждения: Действия света. Детектирование изображения, современные детекторы. Строение человеческого глаза. Глаз как оптическая система. Преломляющие среды глаза, оптический центр глаза. Сетчатка – детектор. Разрешающая способность глаза. Астигматизм. Теорема Найквиста-Шеннона-Котельникова-Уиттакера. Приборы, «вооружающие глаз».

Тема 3: Принципиальная схема микроскопа

Вопросы для обсуждения: Основные компоненты – объектив, характеристики и свойства, коррекция «на бесконечность», типы объективов, специальные объективы, осветитель, роль конденсора, типы конденсаторов, роль диафрагм, системы сопряженных оптических плоскостей, критическое освещение и освещение по Келлеру, окуляр, функционирование окуляра. Ход лучей в микроскопе. Аберрации оптических систем и их преодоление. Дифракционная теория формирования изображения в микроскопе. Пятно рассеяния, диск Эйри, критерий Релея. Формула Аббе для работы в проходящем свете, иммерсионная оптика, тестирование разрешающей способности. Разрешающая способность по глубине, глубина резкости. Полезное увеличение при визуальных наблюдениях.

Тема 4: Генерация контраста в световой микроскопии и подготовка образцов для работы в проходящем свете.

Вопросы для обсуждения: Амплитудный контраст. Гисто- и цитохимия. Приготовление препаратов для работы в проходящем свете. Наблюдение прозрачных объектов, фазовый и дифференциально-интерференционный контраст. Микроскопия в темном поле (ультрамикроскоп).

Тема 5: Флуоресцентные методы микроскопического исследования в биологии

Вопросы для обсуждения: Феномен флуоресценции. Флуоресцентные трейсеры для биологических исследований – низкомолекулярные флуорохромы, конъюгаты, флуоресцентные белки. Внесение флуоресцентных трейсеров в биологические объекты – иммуноцитохимия и генетические конструкторы. Подготовка материала для исследования с помощью флуоресцентных методов. Фото Обесцвечивание и разрушение флуорохромов – предотвращение и применение. Микроскоп для наблюдения флуоресценции. Основные детали: осветитель, система фильтров, монохроматоры. Принцип работы. Формула Аббе для самосветящихся объектов. Функция рассеяния для точечного источника. Регистрация слабых сигналов, цифровые камеры, природа цифрового изображения, динамический диапазон, соотношение сигнал/шум. Контраст флуоресцентного изображения, вне фокусное свечение. Удаление паразитных вкладов. Деконволюция.

Тема 6: Фотонные кристаллы и управление светом на микро- и наномасштабе

Вопросы для обсуждения: Принципиальная схема. Освещение с помощью точечного источника. Диафрагма детектора, детектор. Принцип сканирования. Возможности конфокального микроскопа – трехмерная реконструкция, динамические эксперименты с использованием флуоресцентных белков. Фотообесцвечивание флуорохромов – применение.

Ограничения и особенности конфокального микроскопа. Конфокальные микроскопы с щелевой и дисковой разверткой. 4Pi-микроскоп, конструкция, принцип действия, применение и ограничения. Нелинейный эффект поглощения двух фотонов. Мультифотонный конфокальный микроскоп, принцип действия. Достоинства и применения.

Тема 7: Лазерный сканирующий конфокальный микроскоп.

Вопросы для обсуждения: Системы структурированного освещения, эффект муара и извлечение дополнительной информации. Локализационная микроскопия (PALM/STORM). Микроскопия с обесцвечиванием за счет вынужденного излучения (STED). Микроскопия полного внутреннего отражения (TIRF).

Тема 8: Электронная микроскопия

Вопросы для обсуждения: Физические основы. Волновые свойства электронов, эквивалентная длина волны, формула де Бройля, энергия электронов и релятивистские поправки. Электронная оптика, электростатические и магнитные линзы. Принципиальная схема просвечивающего электронного микроскопа. Генерация электронного пучка, типы источников электронов. Предельное разрешение электронного микроскопа. Регистрация изображения. Взаимодействие электронов с веществом, упругое и неупругое рассеяние электронов, вторичные электроны, эффект Оже, катод-люминесценция, рентгеновское излучение. Генерация контраста в просвечивающем электронном микроскопе. Рассеяние и длина свободного пробега электронов, толщина образца. Контраст массы-плотности, фазовый контраст. Спектроскопия потерь энергии электронов, Z-контраст и элементный анализ с помощью электронного микроскопа. Повреждение образца. Требования к объекту исследования.

Тема 9: Сканирующий электронный микроскоп.

Вопросы для обсуждения: Принцип работы сканирующего электронного микроскопа, детектируемые излучения, разрешающая способность, применения. Сканирующий электронный микроскоп со сфокусированным ионным пучком (FIB-SEM), возможности и применения.

Тема 10: Подготовка биологического образца для электронно-микроскопического исследования.

Вопросы для обсуждения: Типы объектов. Фиксация, контрастирование, обезвоживание замещением, сушка в критической точке. Стабилизация образцов: заливка в полимерные материалы, напыление углеродом и металлами. Приготовление ультратонких срезов. Дополнительное контрастирование. Крио-методы. Физические принципы, быстрая заморозка, предотвращение кристаллизации воды, замораживание-скалывание, замораживание-травление, криозамещение, приготовление ультратонких срезов витрифицированных образцов. Cryo-FIB-SEM.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение, историческая справка и основы оптики Глаз, как оптическая система и разрешающая способность оптических систем. Принципиальная схема микроскопа Генерация контраста в световой микроскопии и подготовка образцов для работы в проходящем свете. Флуоресцентные методы микроскопического исследования в биологии. Лазерный сканирующий конфокальный микроскоп. Преодоление дифракционного предела в оптической микроскопии Электронная микроскопия Сканирующий электронный микроскоп. Подготовка биологического образца для электронно-микроскопического исследования.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Электронная структура и зонный спектр графена. Механические и электрические свойства углеродных нанотрубок. Синтез и стабилизация коллоидных растворов металлических наночастиц. Магнитные характеристики суперпарамагнитных наночастиц. Оптический пинцет и методы бесконтактного манипулирования. Чувствительность и селективность наносенсоров. Транспортные и фильтрационные свойства наномембран.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура, свойства и методы получения графена и других 2D материалов. Классификация, свойства и применение углеродных нанотрубок. Технологии печати наночернилами и формирование проводящих структур. Суперпараметризм и применение магнитных наноструктур. Принципы манипуляции микро- и нанообъектами. Типы наносенсоров и механизмы их работы. Свойства и применение наномембран и нанопористых структур.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение, историческая справка и основы оптики	ОПК-2	Опрос
Глаз, как оптическая система и разрешающая способность оптических систем.	ОПК-2	Опрос
Принципиальная схема микроскопа	ОПК-2	Опрос
Генерация контраста в световой микроскопии и подготовка образцов для работы в проходящем свете.	ОПК-2	Опрос
Флуоресцентные методы микроскопического исследования в биологии	ОПК-2	Опрос
Лазерный сканирующий конфокальный микроскоп.	ОПК-2	Опрос
Преодоление дифракционного предела в оптической микроскопии	ОПК-2	Опрос
Электронная микроскопия	ОПК-2	Опрос
Сканирующий электронный микроскоп.	ОПК-2	Опрос
Подготовка биологического образца для электронно-микроскопического исследования.	ОПК-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

Примерный перечень вопросов для устного опроса по теме «Принципиальная схема микроскопа»:

1. Из каких основных оптических узлов состоит принципиальная схема микроскопа?
2. Каково назначение объектива и окуляра в микроскопе?
3. Что такое тубусное расстояние микроскопа и почему оно должно быть постоянным?
4. Как ход лучей проходит через объектив и окуляр при формировании изображения?
5. Для чего в микроскопе используется конденсор и где он расположен?
6. Что такое числовая апертура объектива и как она рассчитывается?
7. Как связаны увеличение микроскопа и его разрешающая способность?
8. Какие типы объективов (ахроматы, апохроматы, планахроматы) используются в микроскопии и в чём их различия?
9. Что такое парафокальность объективов и для чего она нужна?
10. Как регулировка диафрагмы конденсора влияет на контраст и качество изображения?

Примерные задания лабораторной работы по теме «Исследование пространственных и энергетических характеристик лазерного пучка»:

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

- 1) Роль микроскопических методов в развитии знаний о природе.
- 2) Формулировка закона Снелля.
- 3) Хроматическая аберрация в оптических системах, причина возникновения.
- 4) Сферическая аберрация в оптических системах, причина возникновения.
- 5) Типы объективов световых микроскопов по степени коррекции аберраций.
- 6) Физические основания для применения иммерсионных объективов.
- 7) Условия возникновения явления полного внутреннего отражения.
- 8) Критерии для определения оптимального увеличения при визуальных наблюдениях.
- 9) Основные характеристики цифрового изображения.
- 10) Реализация максимальной разрешающей способности при использовании цифрового детектора.
- 11) Способы доставки флуоресцентных маркеров в биологические объекты.
- 12) Основные компоненты блока для возбуждения флуоресценции и ее наблюдения, функции элементов.
- 13) Диск Эйри, пятно рассеяния и функция рассеяния для точечного источника – что есть что?
- 14) Явление флуоресценции и применение этого феномена в микроскопических исследованиях.
- 15) Формула Аббе для случая наблюдения самосветящихся источников.
- 16) Факторы, определяющие контраст изображения, получаемого с помощью флуоресцентного микроскопа в идеальном случае и в реальности.
- 17) Роль фиксации и требования к процедуре при иммуноцитохимическом исследовании клеток.
- 18) Роль пермеабилзации в иммуноцитохимическом исследовании.
- 19) Роль точечной диафрагмы в функционировании конфокального микроскопа.
- 20) FRAP-эксперимент: физические основы и область применения.
- 21) TIRF-микроскопия – особенность метода и физический принцип.
- 22) Локализационный подход к реализации суперразрешения – основные принципы.
- 23) Почему мультифотонному конфокальному микроскопу не нужна диафрагма детектора?
- 24) Фотоэлектронный умножитель – принцип работы.
- 25) Области применения и ограничения электронной микроскопии.
- 26) Место электронной микроскопии среди методов визуализации биологических объектов и явлений.
- 27) Базовые принципы работы электронного микроскопа.
- 28) Эффекты, возникающие при взаимодействии электронов с веществом.
- 29) Устройство электронного микроскопа, принцип генерации контраста при рутинном биологическом исследовании.
- 30) Особенности биологического образца (на примере клеток и фрагментов тканей), как объекта электронно-микроскопического исследования.
- 31) Роль фиксации и требования к процедуре при исследовании цитологических образцов методом электронной микроскопии.
- 32) Основные этапы подготовки вирусологического образца к электронно-микроскопическому исследованию.
- 33) Основные этапы подготовки цитологического или гистологического образца к электронно-микроскопическому исследованию.
- 34) Сканирующий электронный микроскоп – принципиальная схема.
- 35) Напыление металлом при исследовании с помощью просвечивающего электронного

микроскопа.

36) Напыление металлом при исследовании с помощью сканирующего электронного микроскопа.

37) FIB-SEM – принцип работы.

38) Как приготовить клеточно-биологический образец для ЭМ-исследования?

39) Методы быстрого замораживания, области их применения и ограничения.

40) Роль и принципы работы криопротекторов.

41) Криоэлектронная микроскопия

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) Копылова, О. С. Курс общей физики: Учебное пособие / Копылова О.С. - Москва: СтГАУ – «Агрус», 2017. - 300 с.: ISBN 978-5-9596-1290-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/975925>

Дополнительная литература

1) Власов, А. И. Оптическая микроскопия. Книга 12: учебное пособие / А. И. Власов, К. А. Елсуков, И. А. Косолапов. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2011. - 184 с. - (Библиотека «Наноинженерия»). - ISBN 978-5-7038-3503-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2080347>

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 (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»
Высшей школы нанотехнологий и инженерии**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физика наноматериалов и наноструктур»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

Лист согласования

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

Гриценко К.А., к.ф.-м.н., научный сотрудник с ученой степенью кандидат наук БФУ им. И. Канта

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. Наименование дисциплины «Физика наноматериалов и наноструктур».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Физика наноматериалов и наноструктур».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний о физических принципах, методах синтеза, диагностики и применения наноматериалов и наноструктур, а также освоение навыков использования нанотехнологий для решения прикладных задач в наукоёмких сферах.

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, определяющие свойства наноматериалов и наноструктур, а также современные методы их синтеза, диагностики и применения для решения профессиональных задач. Уметь: применять физические и математические подходы для анализа свойств нанообъектов, проводить быстрый поиск и критический анализ специализированной информации из области физики наноматериалов, необходимой для решения фундаментальных и прикладных задач. Владеть: навыками использования знаний из физики наноматериалов для решения профессиональных задач в наукоёмких технологиях, методами диагностики и исследования наноструктур, а также способностью применять физико-математические подходы для разработки

		наноразмерных систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика наноматериалов и наноструктур» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Нанослои: графен и 2D материалы	Самосборные монослои. Эпитаксиальный графен. Электронная структура графеновых нанолент. Транспорт в графеновых наноструктурах. Графеновые квантовые точки.
2.	Углеродные нанотрубки и полимерные композиты	Адгезия между полимерами и УНТ. Дисперсионные методы для УНТ. Химический метод полимеризации. Механические свойства УНТ / Полимерные композиты. Электрические свойства УНТ. Изотропные полимерные композиты Ориентированные полимерные композиты. Моделирование порога перколяции. Термостойкость.
3.	Наночернила из металлов для печати	Геометрические аспекты. Модель случайной неплотной упаковки. Размер ядра наночастиц Термодинамическая размерно-зависимая температура плавления. Моделирование оптического плазмонного резонанса. Наночастицы серебра Наночастицы золота Другие металлические наночастицы Металлические наночастицы с высокой полярнорастворяющей дисперсностью.
4.	Магнитные	Характерные масштабы. Тонкие пленки. прямая

	наноструктуры	обменная связь, обменное смещение. Тонкие пленки: методы синтеза. Провода и иглы: методы изготовления. Нанодиски. Объемные наноструктуры. Рентгеновский нанозонд
5.	Манипулирование микро- и наноразмерными объектами	Магнитные наночастицы. Суперпарамагнетизм. Частицы типа «ядро/оболочка» CoFe_2O_4 / NiFe_2O_4 NPs Суспензии. Покрытые золотом наночастицы магнетита. Манипулирование клетками. Токовые магнитные пинцеты. Магнитная наночастица + биологическая клетка. Магнитный (электромагнитный) пинцет. Лаборатория на чипе. Феррофлюидный насос. Микро ПЦР. 3DМанипулирование: магнитный микроробот. 4D печать - микроактюатор: частицы в полимерах. Тканевая инженерия. Магнитные нанопровода. Магнитные нанопровода + массивы микропаттернов. Манипулирование с помощью микроэлектромагнитов. Биоинспирация.
6.	Наносенсоры	Наноразмерная характеристика с флуоресцентными наночастицами. Люминесцентные наночастицы: синтез и оптические свойства. Наноразмерные люминесцентные датчики Оптохимические наносенсоры. Примеры приложений. Критические проблемы для оптохимических наносенсоров. Инфракрасные фотоприемники и матрицы в квантовых точках.
7.	Наномембраны и структуры упорядоченными нанопорами	Нанопористые материалы. Характеристика нанопористых материалов Упорядоченная нанопористая структура Основные характеристики упорядоченных мезопористых материалов. Структура упорядоченных мезопористых материалов Механизм синтеза упорядоченных мезопористых материалов. Типичные мезопористые материалы. Гигантская наномембрана. Подходы к изготовлению наномембран Наномембраны из высокосшитых материалов. Физические свойства наномембран. Функциональные возможности наномембран.

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: Нанослой: графен и 2D материалы

Вопросы для обсуждения: Структура и электронные свойства графена. Методы получения графена. Двумерные материалы: дисульфид молибдена, диселенид вольфрама, гексагональный нитрид бора. Зонная структура и оптические свойства 2D материалов. Применение в электронике и фотонике.

Тема 2: Углеродные нанотрубки и полимерные композиты

Вопросы для обсуждения: Структура и классификация углеродных нанотрубок.

Одностенные и многостенные нанотрубки. Электронные и механические свойства. Методы синтеза. Полимерные композиты с нанотрубками. Механические, электрические и тепловые свойства композитов. Применение.

Тема 3: Наночернила из металлов для печати

Вопросы для обсуждения: Состав и свойства металлических наночернил. Методы синтеза металлических наночастиц. Коллоидная стабильность наночернил. Технологии печати: струйная, трафаретная, аэрограф. Формирование проводящих структур. Применение в гибкой электронике и сенсорике.

Тема 4: Магнитные наноструктуры

Вопросы для обсуждения: Магнитные свойства наночастиц. Суперпарамагнетизм. Магнитные наночастицы: железо, кобальт, никель, их оксиды и сплавы. Методы синтеза и стабилизации. Применение в биомедицине, магнитной записи, спинтронике.

Тема 5: Манипулирование микро- и наноразмерными объектами

Вопросы для обсуждения: Оптический пинцет: принцип работы и применение. Магнитный пинцет. Атомно-силовая микроскопия для манипуляции нанообъектами. Диэлектрофорез. Микрофлюидика. Перспективы наноробототехники.

Тема 6: Наносенсоры

Вопросы для обсуждения: Типы наносенсоров. Оптические наносенсоры на основе поверхностного плазмонного резонанса. Электрохимические наносенсоры. Газовые сенсоры на основе наночастиц оксидов металлов. Биосенсоры. Чувствительность, селективность, время отклика.

Тема 7: Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами.

Вопросы для обсуждения: Типы наномембран. Трековые мембраны. Анодированный оксид алюминия. Зеолиты и металл-органические каркасные структуры. Селективный транспорт и фильтрация. Применение в водоочистке, газоразделении, сенсорике и катализе.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Нанослои: графен и 2D материалы

Вопросы для обсуждения: Самосборные монослои. Эпитаксиальный графен. Электронная структура графеновых нанолент. Транспорт в графеновых наноструктурах. Графеновые квантовые точки.

Тема 2: Углеродные нанотрубки и полимерные композиты

Вопросы для обсуждения: Адгезия между полимерами и УНТ. Дисперсионные методы для УНТ. Химический метод полимеризации. Механические свойства УНТ / Полимерные композиты. Электрические свойства УНТ. Изотропные полимерные композиты Ориентированные полимерные композиты. Моделирование порога перколяции. Термостойкость.

Тема 3: Наночернила из металлов для печати

Вопросы для обсуждения: Геометрические аспекты. Модель случайной неплотной упаковки. Размер ядра наночастиц. Термодинамическая размерно-зависимая температура плавления. Моделирование оптического плазмонного резонанса. Наночастицы серебра Наночастицы золота Другие металлические наночастицы Металлические наночастицы с высокой полярно-растворяющей дисперсностью.

Тема 4: Магнитные наноструктуры

Вопросы для обсуждения: Характерные масштабы. Тонкие пленки. прямая обменная связь, обменное смещение. Тонкие пленки: методы синтеза. Провода и иглы: методы изготовления. Нанодиски. Объемные наноструктуры. Рентгеновский нанозонд

Тема 5: Манипулирование микро- и наноразмерными объектами

Вопросы для обсуждения: Магнитные наночастицы. Суперпарамагнетизм. Частицы типа «ядро/оболочка» CoFe_2O_4 / NiFe_2O_4 NPs Суспензии. Покрытые золотом наночастицы магнетита. Манипулирование клетками. Токовые магнитные пинцеты. Магнитная наночастица + биологическая клетка. Магнитный (электромагнитный) пинцет. Лаборатория на чипе. Феррофлюидный насос. Микро ПЦР. 3DМанипулирование: магнитный микроробот. 4D печать - микроактюатор: частицы в полимерах. Тканевая инженерия. Магнитные нанопровода. Магнитные нанопровода + массивы микропаттернов. Манипулирование с помощью микроэлектромагнитов. Биоинспирация.

Тема 6: Наносенсоры

Вопросы для обсуждения: Наноразмерная характеристика с флуоресцентными наночастицами. Люминесцентные наночастицы: синтез и оптические свойства. Наноразмерные люминесцентные датчики. Оптохимические наносенсоры. Примеры приложений. Критические проблемы для оптохимических наносенсоров. Инфракрасные фотоприемники и матрицы в квантовых точках.

Тема 7: Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами.

Вопросы для обсуждения: Нанопористые материалы. Характеристика нанопористых материалов. Упорядоченная нанопористая структура. Основные характеристики упорядоченных мезопористых материалов. Структура упорядоченных мезопористых материалов. Механизм синтеза упорядоченных мезопористых материалов. Типичные мезопористые материалы. Гигантская наномембрана. Подходы к изготовлению наномембран. Наномембраны из высокосиштых материалов. Физические свойства наномембран. Функциональные возможности наномембран.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Нанослои: графен и 2D материалы. Углеродные нанотрубки и полимерные композиты. Наночернила из металлов для печати. Магнитные наноструктуры. Манипулирование микро- и наноразмерными объектами. Наносенсоры. Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ электронной структуры графена. Расчёт свойств углеродных нанотрубок. Синтез и стабилизация металлических наночернил. Определение магнитных характеристик наночастиц. Принципы оптического и магнитного пинцета. Расчёт чувствительности наносенсоров. Исследование транспортных свойств наномембран.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура и методы получения графена. Свойства и применение углеродных нанотрубок. Технологии печати наночернилами. Суперпарамагнетизм магнитных наночастиц. Методы манипуляции нанообъектами. Типы и принципы работы наносенсоров. Фильтрационные свойства наномембран.

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
Нанослои: графен и 2D материалы	ОПК-1	Контрольная работа
Углеродные нанотрубки и полимерные композиты	ОПК-1	Контрольная работа
Наночернила из металлов для печати	ОПК-1	Контрольная работа
Магнитные наноструктуры	ОПК-1	Контрольная работа

Манипулирование микро- и наноразмерными объектами	ОПК-1	Контрольная работа
Наносенсоры	ОПК-1	Контрольная работа
Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами	ОПК-1	Контрольная работа

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

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

Тема 1. Нанослой: графен и 2D материалы

1. Самосборные монослои.
2. Эпитаксиальный графен.
3. Электронная структура графеновых нанолент.
4. Транспорт в графеновых наноструктурах.
5. Графеновые квантовые точки.

Тема 2. Углеродные нанотрубки и полимерные композиты

1. Адгезия между полимерами и УНТ.
2. Дисперсионные методы для УНТ.
3. Механические свойства УНТ / Полимерные композиты.
4. Электрические свойства УНТ.
5. Изотропные полимерные композиты
6. Ориентированные полимерные композиты.
7. Моделирование порога перколяции.
8. Термостойкость.

Тема 3. Наночернила из металлов для печати.

1. Геометрические аспекты. Модель случайной неплотной упаковки. Размер ядра наночастиц
2. Термодинамическая размерно-зависимая температура плавления.
3. Моделирование оптического плазмонного резонанса.
4. Наночастицы серебра Наночастицы золота Другие металлические наночастицы
5. Металлические наночастицы с высокой полярно-растворяющей дисперсностью.

Тема 4. Магнитные наноструктуры.

1. Характерные масштабы.
2. Тонкие пленки. прямая обменная связь, обменное смещение. Тонкие пленки: методы синтеза.
3. Провода и иглы: методы изготовления.
4. Нанодиски.
5. Объемные наноструктуры.

Тема 5. Манипулирование микро- и наноразмерными объектами

1. Магнитные наночастицы. Суперпарамагнетизм.
2. Частицы типа «ядро/оболочка» CoFe_2O_4 / NiFe_2O_4 NPs. Суспензии. Покрытые золотом наночастицы магнетита.
3. Манипулирование клетками.
4. Токовые магнитные пинцеты.
5. Магнитная наночастица + биологическая клетка. Магнитный (электромагнитный) пинцет.
6. Лаборатория на чипе. Феррофлюидный насос. Микро ПЦР.
7. 3D- Манипулирование: магнитный микроробот.
8. 4D печать - микроактюатор: частицы в полимерах.
9. Тканевая инженерия.
10. Магнитные нанопровода.

11. Магнитные нанопровода + массивы микропаттернов.
12. Манипулирование с помощью микроэлектромагнитов.
13. Биоинспирация.

Тема 6. Наносенсоры.

1. Наноразмерная характеристика с флуоресцентными наночастицами. Люминесцентные наночастицы: синтез и оптические свойства.
2. Наноразмерные люминесцентные датчики. Оптохимические наносенсоры. Примеры приложений. Критические проблемы для оптохимических наносенсоров.
3. Инфракрасные фотоприемники и матрицы в квантовых точках.

Тема 7. Наномембраны и структуры с упорядоченными нанопорами.

1. Нанопористые материалы. Характеристика нанопористых материалов
2. Упорядоченная нанопористая структура Основные характеристики упорядоченных мезопористых материалов. Структура упорядоченных мезопористых материалов
3. Механизм синтеза упорядоченных мезопористых материалов. Типичные мезопористые материалы.
4. Гигантская наномембрана. Подходы к изготовлению наномембран Физические свойства наномембран. Функциональные возможности наномембран.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

- 1) Ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики и их свойства.
- 2) Петля гистерезиса.
- 3) Методы измерения намагниченности вещества.
- 4) Полная энергия ферромагнитного вещества.
- 5) Магнитострикция. Примеры материалов с высокой магнитострикцией.
- 6) Причины и процесс возникновения доменов.
- 7) Методы измерения скорости движения доменной границы.
- 8) Типы, сходства и различия магнитооптических эффектов.
- 9) Применение термоэлектрических материалов.
- 10) Свойства сплавов Гейслера.
- 11) Применение термомагнитных явлений.
- 12) Примеры устройств, основанных на магнитоэлектрическом эффекте.
- 13) Свойства мультиферроиков.
- 14) Примеры и применение мультиферроиков
- 15) Спин-вентильные устройства.
- 16) Гигантское магнитосопротивление.
- 17) Рассеяние спина на интерфейсах.
- 18) Принцип работы магниторезистивных головок.
- 19) Туннельное магнитосопротивление
- 20) Типы наноструктур
- 21) Примеры фуллеренов
- 22) Применение нанотрубок
- 23) Свойства нанопроводов
- 24) Применение магнитных тонких пленок
- 25) Принцип магнитного охлаждения
- 26) Свойства жидких кристаллов
- 27) Примеры устройств с 3-d дальномерными кристаллами

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) Канн, К. Б. Курс общей физики: учебное пособие / К. Б. Канн. — Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2022. — 368 с. - ISBN 978-5-905554-47-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094750>
- 2) Электромагнетизм: лабораторный практикум / Л. А. Григорьев, С. В. Красильникова, Л. А. Андреева [и др.]. - Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2023. - 80 с. - ISBN 978-5-8158-2346-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2131741>

Дополнительная литература

- 1) Шпольский, Э. В. Атомная физика: учебник: в 2 т./ Э. В. Шпольский Т. 2: Основы

квантовой механики и строение электронной оболочки атома. -6-е изд., стер. on-line, 438 с.: ил.

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 (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»**
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Машинное обучение и анализ больших данных»

Шифр: 03.04.02
Направление подготовки: Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:
Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:
Физик-исследователь

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. Наименование дисциплины «*Машинное обучение и анализ больших данных*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Машинное обучение и анализ больших данных».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических компетенций в области машинного обучения и анализа больших данных, необходимых для решения широкого спектра задач по обработке данных высокой размерности, выявлению скрытых закономерностей и автоматическому построению моделей интерпретации данных.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания 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: основы машинного обучения, включая методы обучения с учителем, без учителя и с подкреплением, ключевые алгоритмы линейной и логистической регрессии, деревьев решений, метода опорных векторов, метода k-ближайших соседей, нейронных сетей и архитектур глубокого обучения, а также основы технологий больших данных, архитектуру и использование инфраструктур Hadoop и Spark, принципы работы с СУБД, включая SQL и NoSQL. Уметь: программировать на языке Python, R или Java, внедрять и настраивать алгоритмы машинного обучения с использованием библиотек Scikit-learn, TensorFlow, Keras, PyTorch, собирать и обрабатывать данные различных форматов из разнообразных источников, формулировать задачи машинного обучения и разрабатывать

		соответствующие решения, интерпретировать данные и выявлять неявные зависимости, а также проводить быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики для решения профессиональных задач. Владеть: языками программирования Python, R или Java, библиотеками машинного обучения Scikit-learn, TensorFlow, Keras, PyTorch, системами управления базами данных MySQL и MongoDB, математическим и статистическим аппаратом для анализа и интерпретации данных, а также навыками использования физико-математических знаний для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.
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: теоретические основы и практические подходы машинного обучения и анализа больших данных, включая методы обработки данных высокой размерности, выявления закономерностей и построения моделей интерпретации данных для организации и проведения научных исследований. Уметь: использовать теоретические и экспериментальные физико-математические методы для решения научно-исследовательских задач в области анализа данных, применять алгоритмы машинного обучения

		для обработки и интерпретации экспериментальных результатов, а также разрабатывать соответствующие решения для конкретных научных задач. Владеть: навыками организации и проведения теоретических и экспериментальных научных исследований с применением специализированных знаний из области машинного обучения и анализа больших данных, способностью прогнозировать использование методов и подходов физики и математики для решения междисциплинарных задач, включая обработку больших массивов данных и построение прогностических моделей.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Машинное обучение и анализ больших данных» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела

1.	Входные навыки и знания для работы по дисциплине «Машинное обучение и анализ больших данных»	Решение задач по программированию на языке Python на знание основных операций, создание и управление функциями, типами данных и их преобразованиями, импортирование внешних библиотек и функций. Основы статистического анализа: понятие статистического распределения, среднего и дисперсии.
2.	Введение в машинное обучение и анализ больших данных	Обзор успешного применения технологий машинного обучения и анализа больших данных в физике, Понятие термина «Большие данные». Отличие классического алгоритмического подхода от подхода на основе систем машинного обучения. Понятие датасета и сырых данных. Что такое и как работает «обученная модель».
3.	Входной анализ данных и их визуализация	Формирования датасета на основе данных. Статистический анализ данных и «feature engineering». Поиск линейных корреляции, матрица корреляции. Понятия диаграмм, гистограмм, графиков и их эффективное использование.
4.	Подготовка данных для исследования и машинного обучения	Векторное представление данных. Понятие shape массивов. Нормализация и стандартизация данных. Удаление статистических выбросов. Подбор обучающих признаков.
5.	Решение задачи регрессии	Постановка задачи регрессии на классических датасетах - бостонская недвижимость в городе Бостон, датасет качества вина. Основные гиперпараметры обучения. Loss and precision metrics. Метрики обучения.
6.	Решение задачи классификации	Постановка задачи классификаций на классических датасетах – MNIST -распознавание рукописных цифр, распознавание кошки или собаки на изображении.
7.	Нейронная сеть для решения задачи классификации и регрессии	Устройство перцептрона. Прямое и обратное распространение. Функции активации и их назначения.
8.	Фреймворки для построения систем машинного обучения	Фреймворки TensorFlow, PyTorch, и scikit-learn. Устройство, функционал и возможности.
9.	Кластерный анализ	Задача и методы кластеризации – метод к-средних, PAM, CLARA, иерархическая кластеризация, DBSCAN, метод нечёткой кластеризации C-средних.
10.	Посторонние систем анализа на основе понижения размерности данных	Задача и методы понижения размерности – PCA-анализ, t-SNE, SVD, LDA. Сравнение различных методов и их пригодности для различных типов данных и задач анализа. Демонстрация принципов работы на датасетах.

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: Входные навыки и знания для работы по дисциплине «Машинное обучение и анализ больших данных»

Вопросы для обсуждения: Базовые понятия теории вероятностей и математической статистики. Основы линейной алгебры и математического анализа. Навыки программирования на Python. Основы работы с библиотеками NumPy и Pandas.

Тема 2: Введение в машинное обучение и анализ больших данных

Вопросы для обсуждения: Определение машинного обучения и анализа больших данных.

Классификация задач машинного обучения: обучение с учителем, без учителя и с подкреплением. Основные этапы построения модели. Понятие больших данных, их характеристики.

Тема 3: Вводный анализ данных и их визуализация.

Вопросы для обсуждения: Методы описательной статистики для анализа данных.

Визуализация распределений: гистограммы, ящики с усами, диаграммы рассеяния.

Исследование корреляций между признаками. Выбросы и аномалии: методы обнаружения.

Тема 4: Подготовка данных для исследования и машинного обучения.

Вопросы для обсуждения: Очистка данных от пропусков и шумов. Нормализация и стандартизация признаков. Кодирование категориальных переменных. Разделение данных на обучающую, валидационную и тестовую выборки. Балансировка классов.

Тема 5: Решение задачи регрессии

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи регрессии. Линейная регрессия и метод наименьших квадратов. Оценка качества регрессионных моделей.

Тема 6: Решение задачи классификации

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи классификации. Логистическая регрессия. Деревья решений и случайный лес. Метод опорных векторов. Оценка качества классификации. Матрица ошибок.

Тема 7: Нейронная сеть для решения задачи классификации и регрессии

Вопросы для обсуждения: Функции активации. Прямое распространение сигнала. Алгоритм обратного распространения ошибки. Архитектуры глубоких нейронных сетей. Регуляризация и борьба с переобучением.

Тема 8: Фреймворки для построения систем машинного обучения

Вопросы для обсуждения: Примеры построения моделей с использованием фреймворков.

Тема 9: Кластерный анализ

Вопросы для обсуждения: задачи кластеризации. Оценка качества кластеризации. Выбор оптимального числа кластеров. Применение кластерного анализа для сегментации данных.

Тема 10: Посторонние систем анализа на основе понижения размерности данных

Вопросы для обсуждения: Проблема высокой размерности данных. Метод главных компонент. Сингулярное разложение.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Входные навыки и знания для работы по дисциплине «Машинное обучение и анализ больших данных»

Вопросы для обсуждения: Решение задач по программированию на языке Python на знание основных операций, создание и управление функциями, типами данных и их преобразованиями, импортирование внешних библиотек и функций. Основы статистического анализа: понятие статистического распределения, среднего и дисперсии

Тема 2: Введение в машинное обучение и анализ больших данных

Вопросы для обсуждения: Обзор успешного применения технологий машинного обучения и анализа больших данных в физике, Понятие термина «Большие данные». Отличие

классического алгоритмического подхода от подхода на основе систем машинного обучения. Понятие датасета и сырых данных. Что такое и как работает «обученная модель».

Тема 3: Входной анализ данных и их визуализация.

Вопросы для обсуждения: Формирования датасета на основе данных. Статистический анализ данных и «feature engineering». Поиск линейных корреляции, матрица корреляции. Понятия диаграмм, гистограмм, графиков и их эффективное использование.

Тема 4: Подготовка данных для исследования и машинного обучения.

Вопросы для обсуждения: Векторное представление данных. Понятие shape массивов. Нормализация и стандартизация данных. Удаление статистических выбросов. Подбор обучающих признаков.

Тема 5: Решение задачи регрессии

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи регрессии на классических датасетах - бостонская недвижимость в городе Бостон, датасет качества вина. Основные гиперпараметры обучения. Loss and precision metrics. Метрики обучения.

Тема 6: Решение задачи классификации

Вопросы для обсуждения: Постановка задачи классификаций на классических датасетах – MNIST -распознавание рукописных цифр, распознавание кошки или собаки на изображении.

Тема 7: Нейронная сеть для решения задачи классификации и регрессии

Вопросы для обсуждения: Устройство перцептрона. Прямое и обратное распространение. Функции активации и их назначения.

Тема 8: Фреймворки для построения систем машинного обучения

Вопросы для обсуждения: Фреймворки TensorFlow, PyTorch, и scikit-learn. Устройство, функционал и возможности.

Тема 9: Кластерный анализ

Вопросы для обсуждения: Задача и методы кластеризации – метод k-средних, PAM, CLARA, иерархическая кластеризация, DBSCAN, метод нечёткой кластеризации C-средних.

Тема 10: Посторонние систем анализа на основе понижения размерности данных

Вопросы для обсуждения: Задача и методы понижения размерности – PCA-анализ, t-SNE, SVD, LDA. Сравнение различных методов и их пригодности для различных типов данных и задач анализа. Демонстрация принципов работы на датасетах.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в машинное обучение и анализ больших данных. Входной анализ данных и их визуализация. Подготовка данных для исследования и машинного обучения. Решение задачи регрессии. Решение задачи классификации. Нейронная сеть для решения задачи классификации и регрессии. Фреймворки для построения систем машинного обучения. Кластерный анализ. Построение систем анализа на основе понижения размерности данных.
2. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Введение в машинное обучение и анализ больших данных. Входной анализ данных и их визуализация. Подготовка данных для исследования и машинного обучения. Решение задачи регрессии. Решение задачи классификации. Нейронная сеть для решения задачи классификации и регрессии. Фреймворки для построения систем машинного обучения.

Кластерный анализ. Построение систем анализа на основе понижения размерности данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Входные навыки и знания для работы по дисциплине «Машинное обучение и анализ больших данных».	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа
Входной анализ данных и их визуализация.	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа

Подготовка данных для исследования и машинного обучения.	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа
Решение задачи регрессии.	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа
Решение задачи классификации.	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа
Нейронная сеть для решения задачи классификации и регрессии.	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа
Кластерный анализ.	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа
Посторонние систем анализа на основе понижения размерности данных.	ОПК-1, ОПК-2	Опрос, контрольная работа

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

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Входные навыки и знания для работы по дисциплине «Машинное обучение и анализ больших данных»».

1. Написать функцию на Python для подсчета статистики повторения слов в тексте, построить гистограмму и записать результаты в файл .csv.
2. Написать функцию на Python для того, чтобы вычислить число Пи с помощью генератора случайных чисел с точностью до второго знака.¹

По теме «Входной анализ данных и их визуализация».

1. Написать скрипт на Python для построения круговой диаграммы и статистических метрик для датасета.
2. Проанализируйте и визуализируйте распределение числового признака в датасете, чтобы понять его характеристики и потенциальные статистические выбросы.

По теме «Подготовка данных для исследования и машинного обучения».

1. Выявите недостающие данные в датасете, чтобы подготовить их для машинного обучения.
2. Закодируйте категориальные признаки датасета для их последующего использования в анализе и машинном обучении.

По теме «Решение задачи регрессии».

1. Создайте регрессионную модель для прогнозирования цен на жилье на основе таких показателей, как площадь в квадратных метрах, количество спален и ванных комнат, местоположение и т. д.
2. Создайте регрессионную модель для прогнозирования энергопотребления дома.

По теме «Решение задачи классификации».

1. Подготовьте, проанализируйте и создайте классификационную модель, чтобы определить виды цветка ириса по их форме.
2. Создайте модель классификации для того, чтобы является ли электронное письмо спамом или нет.

По теме «Нейронная сеть для решения задачи классификации и регрессии».

1. Подготовьте, проанализируйте и создайте классификационную и регрессионную модель, чтобы распознать рукописную цифру из MNIST датасета.
2. Создайте сверточную нейронную сеть (CNN) для классификации изображений по различным категориям (например, животные, объекты, сцены).

По теме «Кластерный анализ».

1. Выполните кластерный анализ Iris датасета, чтобы идентифицировать кластеры и сравнить их с реальными видами цветов ириса.
2. Примените кластерный анализ для сегментации различных областей изображения.

По теме «Построение систем анализа на основе понижения размерности данных».

1. Выполните понижение размерности Iris датасета с помощью PCA и визуализируйте результаты.
2. Выполните понижение размерности, такие как PCA или LDA (линейный дискриминантный анализ), чтобы уменьшить количество признаков в датасете перед обучением модели.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Основы статистического анализа: понятие статистического распределения, среднего и дисперсии.
2. Примеры успешного применения технологий машинного обучения и анализа больших данных в физике.
3. Что такое «Большие данные»?
4. Отличие классического алгоритмического подхода от подхода на основе систем машинного обучения.
5. Понятие датасета и сырых данных.
6. Что такое и как работает «обученная модель».
7. Статистический анализ данных и «feature engineering».
8. Поиск линейных корреляции, матрица корреляции.
9. Понятия диаграмм, гистограмм, графиков и их эффективное использование.
10. Векторное представление данных. Понятие «shape» массивов.
11. Нормализация и стандартизация данных. Удаление статистических выбросов. Подбор обучающих признаков.
12. Задача регрессии. Основные понятия и примеры работы.
13. Основные гиперпараметры модели обучения. Loss, precision и confusion matrix.
14. Задача классификаций. Основные понятия и примеры работы.
15. Устройство перцептрона. Прямое и обратное распространение.
16. Функции активации и их назначения.
17. Фреймворки TensorFlow, PyTorch, и scikit-learn. Устройство, функционал и возможности.
18. Задача и методы кластеризации. Метод k-средних.
19. Методы PAM и CLARA для кластеризации данных.

20. Методы иерархической кластеризации, DBSCAN, C-средних.
 21. Задача и методы понижения размерности – PCA-анализ, t-SNE, SVD, LDA.

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. Цифровая трансформация: IoT, AI, VR, Big Data / Digital Transformation: IoT, AI, VR, Big Data: сборник докладов XII международной студенческой научно-практической конференции / отв. за вып. М. А. Иванова. - Москва: Дело (РАНХиГС), 2019. - 256 с. - ISBN 978-5-85006-171-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1405779>
2. Андрейчиков, А. В. Andreichikov, A. V. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TECHNOLOGIES SYNTHESIS OF CREATIVE SOLUTIONS / Alexander V. Andreichikov, Olga N. Andreichikova. - Moscow : Academus Publishing, 2018. - 208 с. - ISBN 978-1-4946-0010-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1071839>

Дополнительная литература

1. Holzinger A. et al. (ed.) Machine Learning and Knowledge Extraction. – Switzerland, Cham: Springer Nature, 2020. – 552 p. – URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-57321-8>.

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 (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»**
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«История философии и науки»

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

Светлов Роман Викторович, д.филос.н., профессор;

Богомоллов Алексей Владимирович, канд.филос.н., доцент

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. Наименование дисциплины *«История философии и науки»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «История философии и науки».

Цель изучения дисциплины: формирование профессиональных компетенций посредством ознакомления с этапами развития науки, научными революциями и особенностями смены научных картин мира; формирования общего представления об особенностях современного научного знания; ознакомления с современными концепциями науки, а также местом и ролью науки в системе культуры

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
УК-1. Способен к формированию и изменению собственных жизненно-образовательных маршрутов в профессиональных сообществах с учётом приоритетов собственной деятельности и национального развития	УК-1.9. Анализирует системы ценностей и учитывает их особенности в социальном взаимодействии. УК-1.10. Выстраивает профессиональное взаимодействие с учетом культурных особенностей представителей разных этносов, конфессий и социальных групп, а также приоритетов национального развития.	Знать: основные философские проблемы науки и научного познания, этапы физической революции XX века и становления современной физики, философские проблемы физики, взаимосвязь науки, техники и наукоёмких технологий, а также принципы социальной ответственности и этики науки. Уметь: анализировать проблемные ситуации, используя системный подход, разрабатывать стратегию действий по достижению цели на основе анализа, демонстрировать знание этапов жизненного цикла проекта и методов управления проектом, а также редактировать, составлять и переводить академические тексты, представлять результаты деятельности на публичных мероприятиях. Владеть: способностью анализировать системы ценностей и учитывать их особенности в социальном взаимодействии, выстраивать профессиональное

		взаимодействие с учётом культурных особенностей, обеспечивать создание недискриминационной среды, оценивать личностные и временные ресурсы, выстраивать гибкую профессионально-образовательную траекторию и определять способы её совершенствования в профессиональных сообществах с учётом целей национального развития.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «История философии и науки» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные философские проблемы науки и научного познания	Предмет и основные концепции современной философии науки. Наука как социальный институт. Наука в культуре современной цивилизации. Возникновение науки и основные стадии её исторической эволюции. Структура

		научного знания. Динамика науки как процесс порождения нового знания. Научные традиции и научные революции. Типы научной рациональности. Особенности современного этапа развития науки. Перспективы научно-технического прогресса.
2.	Физическая революция XX века и становление современной физики	Кризис классической физики на рубеже XIX-XX веков. Создание теории относительности. Становление квантовой механики. Развитие физики атомного ядра и элементарных частиц. Физика конденсированного состояния. Физика полупроводников. Лазерная физика. Нанотехнологии.
3.	Философские проблемы физики	Проблема реальности в квантовой механике. Интерпретации квантовой механики. Принцип дополнительности Н. Бора. Проблема измерения. Детерминизм и причинность в современной физике. Философские аспекты космологии и теории элементарных частиц.
4.	Наука, техника и наукоёмкие технологии	Взаимодействие науки и техники. Научно-техническая революция. Инновационные процессы. Роль фундаментальной физики в развитии наукоёмких технологий. Роль физики в создании высоких технологий.
5.	Социальная ответственность учёного и этика науки	Этические проблемы современной науки. Социальная ответственность учёного. Наука и общество. Проблемы использования научных достижений. Этика научных исследований. Ответственность за результаты научной деятельности.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Основные философские проблемы науки и научного познания.

Вопросы для обсуждения: Предмет и структура философии науки. Наука как система знаний и социальный институт. Эмпирические и теоретические методы научного познания. Динамика научного знания. Научные революции. Концепции развития науки Т. Куна, И. Лакатоса, П. Фейерабэнда.

Тема 2: Физическая революция XX века и становление современной физики.

Вопросы для обсуждения: Кризис классической физики на рубеже XIX-XX веков. Создание теории относительности. Становление квантовой механики. Развитие физики атомного ядра и элементарных частиц. Физика конденсированного состояния. Лазерная физика. Нанотехнологии.

Тема 3: Философские проблемы физики

Вопросы для обсуждения: Проблема реальности в квантовой механике. Интерпретации квантовой механики. Принцип дополнительности Н. Бора. Проблема измерения. Детерминизм и причинность в современной физике. Философские аспекты космологии и теории элементарных частиц.

Тема 4: Наука, техника и наукоёмкие технологии.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие науки и техники. Научно-техническая революция. Инновационные процессы. Роль фундаментальной физики в развитии

научно-технологических технологий. Физика в создании высоких технологий.

Тема 5: Социальная ответственность учёного и этика науки

Вопросы для обсуждения: Этические проблемы современной науки. Социальная ответственность учёного. Наука и общество. Проблемы использования научных достижений. Этика научных исследований. Ответственность за результаты научной деятельности.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные философские проблемы науки и научного познания.

Вопросы для обсуждения: Анализ структуры научного знания на примере конкретного физического исследования. Различение эмпирических и теоретических методов. Обсуждение моделей развития науки на исторических примерах.

Тема 2: Физическая революция XX века и становление современной физики.

Вопросы для обсуждения: Обсуждение ключевых открытий, приведших к кризису классической физики. Анализ вклада Эйнштейна, Бора, Гейзенберга, Шрёдингера. Революционные изменения в научной картине мира.

Тема 3: Философские проблемы физики

Вопросы для обсуждения: Сравнение различных интерпретаций квантовой механики. Обсуждение проблемы измерения и роли наблюдателя. Анализ принципа дополнительности на конкретных примерах.

Тема 4: Наука, техника и научно-технологические технологии.

Вопросы для обсуждения: Анализ примеров взаимного влияния фундаментальной физики и технологического развития. Обсуждение роли физики в создании научно-технологических технологий и инноваций.

Тема 5: Социальная ответственность учёного и этика науки

Вопросы для обсуждения:

Вопросы для обсуждения: Дискуссия о моральной ответственности учёных за последствия их открытий. Анализ исторических примеров этических дилемм в науке. Обсуждение современных этических проблем.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основные философские проблемы науки и научного познания. Физическая революция XX века и становление современной физики. Философские проблемы физики. Наука, техника и научно-технологические технологии. Социальная ответственность учёного и этика науки.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ структуры научного знания на примере физического исследования. Различение эмпирических и теоретических методов. Сравнение интерпретаций квантовой механики. Анализ примеров взаимного влияния физики и технологического развития. Дискуссия об этических дилеммах в науке.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Предмет и структура философии науки. Методы научного познания. Концепции развития науки. Кризис классической физики и революция XX века. Создание теории относительности и квантовой механики. Интерпретации квантовой механики. Принцип дополнительности. Научно-техническая революция. Социальная ответственность учёного. Этика науки.

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 контроли- руемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные философские проблемы науки и научного познания	УК-1	Тестирование
Физическая революция XX века и становление современной физики	УК-1	Тестирование
Философские проблемы физики	УК-1	Тестирование
Наука, техника и наукоёмкие	УК-1	Тестирование

технологии		
Социальная ответственность учёного и этика науки	УК-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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Основные философские проблемы науки и научного познания»

Инструкция: Выберите один правильный ответ в каждом вопросе.

1. Что является предметом философии науки?
 - А) Изучение природы и свойств научного знания
 - Б) Изучение строения Вселенной
 - В) Изучение химических реакций
 - Г) Изучение исторических событий
2. Какой уровень научного познания включает постановку эксперимента?
 - А) Теоретический
 - Б) Эмпирический
 - В) Метафизический
 - Г) Религиозный
3. Какой метод относится к теоретическим методам научного познания?
 - А) Наблюдение
 - Б) Измерение
 - В) Идеализация
 - Г) Эксперимент
4. Кто ввёл понятие «парадигма» в философию науки?
 - А) И. Лакатос
 - Б) Т. Кун
 - В) П. Фейерабенд
 - Г) К. Поппер
5. Что означает понятие «парадигма» в концепции Т. Куна?
 - А) Совокупность общепризнанных научных достижений
 - Б) Отдельная научная теория
 - В) Научный эксперимент
 - Г) Учебник по физике
6. Как называется период науки по Т. Куну, когда господствует общепризнанная парадигма?
 - А) Научная революция
 - Б) Нормальная наука
 - В) Кризис науки
 - Г) Предпарадигмальный период
7. Что такое научная революция согласно Т. Куну?
 - А) Смена парадигмы
 - Б) Накопление новых фактов
 - В) Усовершенствование приборов
 - Г) Рост числа учёных
8. Что является единицей анализа в концепции научно-исследовательских программ И. Лакатоса?
 - А) Парадигма
 - Б) Научно-исследовательская программа

- В) Отдельная теория
 - Г) Научный факт
9. Какие части выделяет И. Лакатос в структуре научно-исследовательской программы?
- А) Ядро и защитный пояс
 - Б) Основание и надстройка
 - В) Теория и гипотеза
 - Г) Факты и законы
10. Какую позицию отстаивал П. Фейерабенд в философии науки?
- А) Принцип верификации
 - Б) Принцип фальсификации
 - В) Эпистемологический анархизм
 - Г) Строгий рационализм
11. Что такое эмпирический метод познания?
- А) Построение математической модели
 - Б) Непосредственное изучение объекта с помощью наблюдения или эксперимента
 - В) Логическое рассуждение
 - Г) Интуитивное прозрение
12. Какой метод позволяет выявить причинно-следственные связи?
- А) Наблюдение
 - Б) Эксперимент
 - В) Описание
 - Г) Классификация
13. Что такое научное сообщество?
- А) Группа людей, имеющих учёные степени
 - Б) Совокупность учёных, разделяющих общую парадигму
 - В) Все преподаватели вузов
 - Г) Академия наук
14. Какой метод предполагает мысленное конструирование объекта, не существующего в реальности?
- А) Абстрагирование
 - Б) Анализ
 - В) Идеализация
 - Г) Синтез
15. Что такое научная революция в широком смысле?
- А) Изобретение нового прибора
 - Б) Публикация новой книги
 - В) Смена фундаментальных представлений о реальности
 - Г) Увеличение числа научных публикаций

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и структура философии науки. Место философии науки в системе философского знания.
2. Наука как система знаний и социальный институт. Структура научного знания: эмпирический и теоретический уровни.
3. Эмпирические методы научного познания: наблюдение, измерение, эксперимент.
4. Теоретические методы научного познания: идеализация, формализация, моделирование.

5. Динамика научного знания. Научные революции и их роль в развитии науки.
6. Концепция развития науки Т. Куна: парадигма, нормальная наука, научная революция.
7. Концепция научно-исследовательских программ И. Лакатоса: ядро и защитный пояс.
8. Эпистемологический анархизм П. Фейерабенда: принцип пролиферации теорий.
9. Зарождение научного мышления в Древней Греции. Милетская школа. Атомизм Демокрита.
10. Научная революция XVI-XVII веков: Коперник, Галилей, Кеплер.
11. Становление классической физики: механика Ньютона и формирование механистической картины мира.
12. Развитие термодинамики и электромагнетизма в XIX веке. Роль работ Фарадея и Максвелла.
13. Кризис классической физики на рубеже XIX-XX веков. Основные проблемы и противоречия.
14. Создание специальной и общей теории относительности А. Эйнштейном. Философское значение теории относительности.
15. Становление квантовой механики: работы Планка, Бора, Гейзенберга, Шрёдингера, Дирака.
16. Развитие физики атомного ядра и элементарных частиц. Философские аспекты.
17. Физика конденсированного состояния, физика полупроводников, лазерная физика. Роль в развитии наукоёмких технологий.
18. Нанотехнологии и их место в современной физике. Философские проблемы нанотехнологий.
19. Проблема реальности в квантовой механике. Интерпретации квантовой механики.
20. Принцип дополнительности Н. Бора. Проблема измерения в квантовой механике.
21. Детерминизм и причинность в современной физике. Соотношение классического и квантового детерминизма.
22. Философские аспекты космологии: происхождение Вселенной, антропный принцип.
23. Взаимодействие науки и техники. Научно-техническая революция. Инновационные процессы.
24. Роль фундаментальной физики в развитии наукоёмких технологий и высоких технологий.

25. Социальная ответственность учёного. Этические проблемы современной науки. Наука и общество.

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. Булдаков, С. К. История и философия науки: учебное пособие / С. К. Булдаков. — Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2022. — 141 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-369-

- 00329-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1834706>
2. Платонова, С. И. История и философия науки: учебное пособие / С. И. Платонова. — Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2022. — 148 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-369-01547-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1843571>

Дополнительная литература:

1. Оришев, А. Б. История и философия науки: учеб. пособие / А.Б. Оришев, К.И. Ромашкин, А.А. Мамедов. — Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2019. — 206 с. — (Высшее образование). — www.dx.doi.org/10.12737/20847. - ISBN 978-5-369-01593-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1008977>
2. Островский, Э. В. История и философия науки: учебное пособие / Э.В. Островский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2022. — 323 с. - ISBN 978-5-9558-0534-4. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1850370>
3. Яркова, Е. Н. История и философия науки: учебное пособие / Е. Н. Яркова. - 3-е изд., стер. - Москва: ФЛИНТА, 2020. - 291 с. - ISBN 978-5-9765-2461-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1150939>

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 (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»**
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методы оптической спектроскопии»

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. Наименование дисциплины «*Методы оптической спектроскопии*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Методы оптической спектроскопии».

Цель изучения дисциплины: формирование знаний о физических принципах и современных методах оптической спектроскопии, используемых для анализа структуры, состава и свойств вещества, а также освоение практических навыков применения спектральных методов для решения широкого круга фундаментальных 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-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 принципы и теоретические основы методов оптической спектроскопии, применяемых для анализа структуры, состава и свойств вещества. Уметь: выбирать и применять экспериментальные спектральные методы для решения конкретных научных и прикладных задач, интерпретировать полученные спектральные данные с использованием современных подходов. Владеть: практическими навыками проведения спектральных исследований, обработки и анализа экспериментальных результатов, а также способностью использовать методы оптической спектроскопии для решения междисциплинарных задач в области физики наукоёмких технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы оптической спектроскопии» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в оптическую спектроскопию	Предмет и задачи дисциплины. Место оптической спектроскопии в физике и наукоёмких технологиях. Электромагнитный спектр. Основные спектральные характеристики. Классификация спектроскопических методов.
2.	Физические основы оптических спектров	Взаимодействие излучения с веществом. Электронные, колебательные и вращательные переходы. Правила отбора. Естественная ширина спектральных линий. Механизмы уширения спектральных линий.
3.	Абсорбционная спектроскопия	Схема спектрофотометра. Измерение спектров поглощения в УФ, видимой и ИК областях. Применение абсорбционной спектроскопии.
4.	Люминесцентная спектроскопия	Явление люминесценции. Классификация люминесценции. Спектры возбуждения и испускания. Квантовый выход. Тушение люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция.
5.	Комбинационная спектроскопия	Физические основы комбинационного рассеяния света. Стоксовы и антистоксовы компоненты. Принципиальная схема спектрометра КРС. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния. Применение КРС.
6.	Эмиссионная спектроскопия	Принципы эмиссионного спектрального анализа. Источники возбуждения спектров. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Количественный и качественный анализ.

		Применения в материаловедении и экологическом мониторинге.
7.	Спектроскопия высокого разрешения	Методы достижения высокого спектрального разрешения. Фурье-спектроскопия. Лазерная спектроскопия высокого разрешения. Методы внутрирезонаторной спектроскопии, лазерно-индуцированной флуоресценции, фотоакустической спектроскопии.
8.	Временная и импульсная спектроскопия	Импульсная спектроскопия. Метод время-коррелированного счёта одиночных фотонов. Метод накачка – зондирование. Исследование сверхбыстрых процессов.
9.	Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	Особенности спектроскопических исследований поверхностей. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. Спектроскопия поверхностных плазмонов. Применение для исследования наноструктур и тонкоплёночных покрытий.
10.	Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях	Спектроскопический контроль качества материалов. Спектроскопия в фармацевтике и пищевой промышленности. Спектроскопические методы экологического мониторинга. Перспективы развития оптических спектроскопических методов.

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 оптическую спектроскопию.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Место оптической спектроскопии в физике и наукоёмких технологиях. Электромагнитный спектр. Классификация спектроскопических методов.

Тема 2: Физические основы оптических спектров.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие излучения с веществом. Уровни энергии. Электронные, колебательные и вращательные переходы. Правила отбора. Ширина и форма спектральных линий.

Тема 3: Абсорбционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Законы поглощения света. Спектрофотометры. Измерение спектров поглощения. Определение концентрации веществ. Применение абсорбционной спектроскопии.

Тема 4: Люминесцентная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Явление люминесценции. Классификация люминесценции. Спектры возбуждения и испускания. Квантовый выход. Флуоресценция и фосфоресценция.

Тема 5: Комбинационная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Физические основы комбинационного рассеяния света. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния.

Тема 6: Эмиссионная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Принципы эмиссионного спектрального анализа. Источники возбуждения спектров. Качественный и количественный анализ. Применения в материаловедении.

Тема 7: Спектроскопия высокого разрешения

Вопросы для обсуждения: Методы достижения высокого спектрального разрешения. Фурье-спектроскопия. Лазерная спектроскопия высокого разрешения.

Тема 8: Временная и импульсная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Импульсная спектроскопия. Метод время-коррелированного счёта фотонов. Метод накачка-зондирование.

Тема 9: Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок.

Вопросы для обсуждения: Метод нарушенного полного внутреннего отражения. Спектроскопия поверхностных плазмонов. Применение для исследования наноструктур.

Тема 10: Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях.

Вопросы для обсуждения: Спектроскопический контроль качества материалов. Спектроскопия в медицине, фармацевтике и экологии. Перспективы развития методов.

Тема 1: Введение в оптическую спектроскопию.

Вопросы для обсуждения: Классификация спектроскопических методов. Выбор метода в зависимости от задачи. Основы работы со спектральным оборудованием.

Тема 2: Физические основы оптических спектров.

Вопросы для обсуждения: Анализ энергетических уровней. Расчёт частот переходов. Определение ширины спектральных линий.

Тема 3: Абсорбционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Обработка спектров поглощения.

Тема 4: Люминесцентная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Измерение спектров возбуждения и испускания. Определение квантового выхода. Анализ времени жизни люминесценции.

Тема 5: Комбинационная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Анализ молекулярной структуры. Обработка спектров.

Тема 6: Эмиссионная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Качественный анализ по эмиссионным спектрам.

Тема 7: Спектроскопия высокого разрешения

Вопросы для обсуждения: Сравнение методов высокого разрешения.

Тема 8: Временная и импульсная спектроскопия.

Вопросы для обсуждения: Анализ сверхбыстрых процессов.

Тема 9: Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок.

Вопросы для обсуждения: Определение толщины и показателя преломления плёнок методом эллисометрии.

Тема 10: Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях.

Вопросы для обсуждения: решение практических задач на идентификацию веществ. Анализ реальных спектров из различных областей. Оценка достоверности результатов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в оптическую спектроскопию. Физические основы оптических спектров. Абсорбционная спектроскопия. Люминесцентная спектроскопия. Комбинационная спектроскопия. Эмиссионная спектроскопия. Спектроскопия высокого разрешения. Временная и импульсная спектроскопия. Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок. Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Классификация спектроскопических методов. Анализ энергетических уровней и расчёт частот переходов. Обработка спектров поглощения и определение концентрации веществ. Измерение спектров возбуждения и испускания люминесценции. Определение толщины и показателя

преломления тонких плёнок. Решение практических задач на идентификацию веществ по спектральным данным.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия оптической спектроскопии. Механизмы взаимодействия излучения с веществом. Законы поглощения света. Явление люминесценции и её классификация. Физические основы комбинационного рассеяния света. Принципы эмиссионного спектрального анализа. Методы достижения высокого спектрального разрешения. Временная и импульсная спектроскопия. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. Области применения оптической спектроскопии в наукоёмких 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	Оценочные средства по этапам формирования компетенций

	части)	текущий контроль по дисциплине
Введение в оптическую спектроскопию	ОПК-2	Тестирование
Физические основы оптических спектров	ОПК-2	Тестирование
Абсорбционная спектроскопия	ОПК-2	Тестирование
Люминесцентная спектроскопия	ОПК-2	Тестирование
Комбинационная спектроскопия	ОПК-2	Тестирование
Эмиссионная спектроскопия	ОПК-2	Тестирование
Спектроскопия высокого разрешения	ОПК-2	Тестирование
Временная и импульсная спектроскопия	ОПК-2	Тестирование
Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	ОПК-2	Тестирование
Применение оптической спектроскопии 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:

Тест по теме «Физические основы оптических спектров»

1. Какие типы переходов между энергетическими уровнями соответствуют видимой и ультрафиолетовой области спектра?

- А) Вращательные переходы
- Б) Колебательные переходы
- В) Электронные переходы
- Г) Ядерные переходы

2. Какое правило отбора является основным для дипольных оптических переходов в атомах?

- А) $\Delta l = 0, \Delta m = \pm 1$
- Б) $\Delta l = \pm 1, \Delta m = 0, \pm 1$
- В) $\Delta l = 0, \Delta m = 0$
- Г) $\Delta l = \pm 2, \Delta m = 0$

3. Что определяет естественную ширину спектральной линии?

- А) Столкновения частиц
- Б) Температура среды
- В) Время жизни возбуждённого состояния
- Г) Внешнее электрическое поле

4. Как называется уширение спектральных линий, вызванное тепловым движением частиц?

- А) Естественное уширение
- Б) Столкновительное уширение
- В) Доплеровское уширение
- Г) Штарковское уширение

5. Какая форма спектральной линии соответствует естественному уширению?

- А) Гауссова

- Б) Лоренцева
 - В) Пуассоновская
 - Г) Экспоненциальная
6. Какие переходы в молекулах дают наиболее тонкую структуру в оптических спектрах?
- А) Только электронные
 - Б) Только колебательные
 - В) Электронно-колебательно-вращательные
 - Г) Только вращательные
7. От чего зависит величина вращательной постоянной молекулы?
- А) От температуры
 - Б) От давления
 - В) От момента инерции молекулы
 - Г) От диэлектрической проницаемости
8. Какой эффект приводит к расщеплению спектральных линий в магнитном поле?
- А) Эффект Штарка
 - Б) Эффект Зеемана
 - В) Эффект Доплера
 - Г) Эффект Поккельса
9. Какое уширение преобладает при высоких давлениях газа?
- А) Естественное уширение
 - Б) Доплеровское уширение
 - В) Столкновительное уширение
 - Г) Штарковское уширение
10. Что характеризует сечение взаимодействия излучения с частицей при оптическом переходе?
- А) Вероятность рассеяния
 - Б) Эффективность поглощения или испускания фотона
 - В) Поляризацию излучения
 - Г) Когерентность излучения

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи оптической спектроскопии. Место оптической спектроскопии в физике и наукоёмких технологиях. Классификация спектроскопических методов.
2. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Уровни энергии атомов, молекул и конденсированных сред.
3. Электронные, колебательные и вращательные переходы. Правила отбора.
4. Естественная ширина спектральных линий. Механизмы уширения спектральных линий.
5. Принципиальная схема спектрофотометра. Одно- и двухлучевые спектрофотометры, их преимущества и недостатки.
6. Измерение спектров поглощения в УФ, видимой и ИК областях. Определение концентрации веществ.
7. Явление люминесценции. Классификация люминесценции: фотолюминесценция, хемилюминесценция, электролюминесценция, катодолюминесценция.

8. Спектры возбуждения и спектры испускания люминесценции. Квантовый выход. Тушение люминесценции.
9. Спектрофотометрический титриметрический анализ. Области применения.
10. Физические основы комбинационного рассеяния света.
11. Принципиальная схема спектрометра комбинационного рассеяния. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния.
12. Фотографическая и фотоэлектрическая регистрация спектров. Сравнительный анализ методов регистрации.
13. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Количественный и качественный анализ.
14. Методы достижения высокого спектрального разрешения. Фурье-спектроскопия.
15. Спектроскопия диффузного отражения. Применение для исследования непрозрачных и сильно рассеивающих образцов.
16. Импульсная спектроскопия. Метод время-коррелированного счёта одиночных фотонов. Измерение времени жизни возбуждённых состояний.
17. Фемтосекундная спектроскопия. Исследование сверхбыстрых процессов.
18. Спектроскопия тонких плёнок. Интерференционные эффекты. Применение для исследования наноструктур и тонкоплёночных покрытий.
19. Спектроскопический контроль качества материалов.
20. Применение оптической спектроскопии в биомедицине и материаловедении. Перспективы развития оптических спектроскопических методов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

		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 зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Соломонов, В. И. Оптическая спектроскопия атомов, молекул и твердых тел: учебное пособие / В. И. Соломонов, А. В. Спирина, С. О. Чолах. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-7996-3331-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=423990>
2. Слюсарева, Е. А. Оптическая спектроскопия: сложные молекулы: учебное пособие / Е. А. Слюсарева, М. А. Герасимова, Н. В. Слюсаренко. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. — 116 с. — ISBN 978-5-7638-3941-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=342155>

Дополнительная литература

1. Ефимова, А. И. Современная инфракрасная спектроскопия: основы, методы, приборная база: учебное пособие для вузов / А. И. Ефимова, В. Б. Зайцев, Д. В. Казанцев, Н. Ю. Болдырев. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 356 с. — ISBN 978-5-507-45721-2. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>
2. Ларичева, Т. Е. Оптические спектроскопические методы анализа: лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / Т. Е. Ларичева, С. М. Мерков, Ю. Д. Соколова. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2010. — 68 с. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75975>

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 (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»
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Академическое письмо»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Дементьев Илья Олегович, доцент, кандидат исторических наук

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. Наименование дисциплины *«Академическое письмо»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Академическое письмо».

Цель изучения дисциплины: ознакомление студентов с основными особенностями научного стиля речи, изучение наиболее распространенных жанров устного и письменного академического дискурса, как учебных, так и собственно научных, формирование навыков создания письменных и устных учебных академических текстов на основе представления об их целях, структуре, стилистических особенностях, жанровых отличий, овладение базовыми принципами коммуникации в академической среде.

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
УК-1. Способен к формированию и изменению собственных жизненно-образовательных маршрутов в профессиональных сообществах с учётом приоритетов собственной деятельности и национального развития	УК-1.2. Использует способы разработки стратегии действий по достижению цели на основе анализа проблемной ситуации. УК-1.3. Демонстрирует знание этапов жизненного цикла проекта, методов и инструментов управления проектом на каждом из этапов. УК-1.4. Использует методы и инструменты управления проектом для решения профессиональных задач. УК-1.5. Демонстрирует знание методов формирования команды и управления командной работой. УК-1.6. Разрабатывает и реализует командную стратегию в групповой деятельности для достижения поставленной цели.	Знать: требования к исследовательской работе, включая организационную структуру различных типов научно-исследовательских работ и лексические особенности научных текстов, включая развитие моделей письменной речи (грамматические и лексические особенности научной письменной / устной коммуникации, особенности научных текстов, включая развитие письменных речевых моделей) Уметь: продолжать саморазвитие, самореализацию, использовать личное творчество; применять на практике аналитические лексико-грамматические знания Владеть: навыками чтения, понимания, обзора научных статей и т. д.; навыками использования знаний различных техник в академическом письме (аргументация, обобщение, резюмирование и т. д.) академического письменного общения
ОПК-2. Способен организовывать и проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе	ОПК-2.1. Использует теоретические и экспериментальные физические и математические методы для решения научно-исследовательских задач. ОПК-2.2. Прогнозирует	Знать – основные особенности научного стиля речи, структурно-стилистические принципы построения академических текстов, жанровое разнообразие устного и письменного академического дискурса, а также базовые нормы коммуникации в

междисциплинарные, с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук	использование знаний, методов, подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач.	академической среде для организации и проведения научных исследований. Уметь – создавать письменные и устные учебные и научные академические тексты с учётом их цели, структуры и стилистических особенностей, а также использовать теоретические и экспериментальные методы из области физики и математики для представления результатов научно-исследовательской деятельности. Владеть – навыками оформления научных публикаций, подготовки устных докладов и презентаций, участия в академических дискуссиях, а также способностью прогнозировать применение полученных знаний и подходов для эффективной коммуникации при решении междисциплинарных задач в области физики наукоёмких технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с

преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Особенности научного дискурса: стиль и жанры академических текстов; работа над академическим текстом в университете	Особенности научного дискурса: кто и зачем читает научные тексты и что из этого следует для автора. Базовые понятия о научном стиле. Объективность, логичность, верифицируемость. Фигура автора в научном тексте: <i>я исследовал / мы исследовали / в работе исследовалось</i> . Что такое термины, для чего они нужны и откуда берутся. Процесс создания академической работы в университете. Как выстроить общение с научным руководителем. Переписка в рамках научного общения. Этапы академического пути.
2.	Исследовательская работа: выбор темы и заглавия	Выбор темы и заглавия для исследовательской работы. Формулировка темы. Типичные ошибки при формулировании темы. Заглавие работы, возможные структуры заглавия. Два компонента в заглавии и их формулировка: контекст и тема. Понятие ключевых слов; где они используются.
3.	Исследовательская работа: материал	Материал исследования. Что может быть материалом научной работы по лингвистике. Полевая работа, корпуса, словари, грамматики, анкетирование – что еще? Что, где и как сообщить о материале исследования в научной работе.
4.	Исследовательская работа: библиография	Литература к исследованию: для чего она нужна и как ее искать. Библиотеки. Электронные библиотечные ресурсы. Виды цитирования научной литературы. Цитирование VS плагиат: в чем разница или как лишиться поста премьер-министра в Германии. Библиография. Оформление списка литературы: принятые модели оформления и распространенные ошибки. Роль библиографического списка в научных работах разных типов.
5.	Исследовательская работа: введение	Введение. Что читатель хочет найти во введении? Роль и структура введения к научной работе. Четыре основных компонента введения: тема исследования, подход к теме, формулировка проблемы исследования, организация текста статьи. Тема исследования: апелляция к известным фактам, создание общей с читателем базы знания. Подход к теме: обозначение собственного места в существующих научных парадигмах. Упоминание наиболее важных научных источников, обозначение используемых методов, угла зрения. Сужение темы. Формулировка проблемы – наиболее важный компонент введения. Что такое исследовательский вопрос и как его сформулировать ясно и коротко. Описание структуры статьи: ориентиры для читателя.
6.	Исследовательская работа: основная часть	Основная часть. Раздел о методах, материале, ходе исследования. Результаты исследования - возможная логика текста (хронологический порядок / компоненты описываемого объекта / типы описываемых объектов /

		последовательность аргументации). Разделы и подразделы: нумерация подразделов и допустимая глубина нумерации. Иллюстративный материал: его значимость и способы подачи. Примеры, списки, таблицы и «картинки».
7.	Исследовательская работа: заключение	Заключение. Роль заключения в тексте статьи: квинтэссенция работы – для тех, у кого нет времени; ответ на вопрос «ну и что?». Ограничения исследования. Компоненты заключения: переход от основной части, формулировка результатов, последствия исследования, перспективы исследования, «последний аккорд». Благодарность. Где, зачем и как выразить свою признательность другим людям.
8.	Оформление письменной работы	Оформление письменной работы. Понятие stylesheet. Аннотация к научной статье. Для чего нужна аннотация? Структура аннотации: постановка проблемы, ее актуальность, основной результат и следствия из него.

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: Особенности научного дискурса: стиль и жанры академических текстов; работа над академическим текстом в университете.

Вопросы для обсуждения: Понятие научного дискурса. Характерные черты научного стиля. Жанры академических текстов: статья, обзор, диссертация, реферат, аннотация, тезисы. Этапы работы над академическим текстом.

Тема 2: Исследовательская работа: выбор темы и заглавия.

Вопросы для обсуждения: Критерии выбора темы исследования. Актуальность, новизна и практическая значимость. Принципы формулировки заглавия. Типы заголовков. Требования к заголовку: информативность, краткость, точность.

Тема 3: Исследовательская работа: материал

Вопросы для обсуждения: Источники фактического материала для исследования. Первичные и вторичные источники. Методы сбора и обработки данных. Экспериментальные данные и литературные источники. Принципы организации и систематизации материала.

Тема 4: Исследовательская работа: библиография.

Вопросы для обсуждения: Библиографический аппарат научной работы. Правила оформления библиографических ссылок. Список литературы: алфавитный, хронологический, тематический порядок. Работа с библиографическими базами данных.

Тема 5: Исследовательская работа: введение

Вопросы для обсуждения: Структура введения: обоснование актуальности, постановка проблемы, формулировка цели и задач, определение объекта и предмета исследования, указание методов, научная новизна и практическая значимость. Гипотеза исследования.

Тема 6: Исследовательская работа: основная часть

Вопросы для обсуждения: Логическая структура основной части. Обзор литературы и теоретическая глава. Экспериментальная глава: описание методики, оборудования, результатов. Обсуждение результатов. Аргументация и интерпретация данных.

Тема 7: Исследовательская работа: заключение

Вопросы для обсуждения: Функции заключения: подведение итогов, обобщение выводов, указание перспектив дальнейших исследований. Отличие заключения от введения и выводов по главам. Требования к формулировке выводов.

Тема 8: Оформление письменной работы

Вопросы для обсуждения: общие требования к оформлению научных работ (ГОСТ).

Структура работы: титульный лист, оглавление, введение, главы, заключение, список литературы, приложения. Требования к форматированию, шрифтам, заголовкам, нумерации страниц. Оформление таблиц, рисунков, формул.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Особенности научного дискурса: стиль и жанры академических текстов; работа над академическим текстом в университете.

Вопросы для обсуждения: Анализ образцов академических текстов. Выявление стилистических особенностей. Определение жанра текста. Редактирование текста на предмет соответствия научному стилю.

Тема 2: Исследовательская работа: выбор темы и заглавия.

Вопросы для обсуждения: Формулировка темы исследования. Обоснование актуальности. Составление вариантов заголовков. Критический анализ заголовков из научных журналов.

Тема 3: Исследовательская работа: материал

Вопросы для обсуждения: Составление плана сбора материала. Работа с первоисточниками. Систематизация и каталогизация литературных данных. Создание базы экспериментальных данных.

Тема 4: Исследовательская работа: библиография.

Вопросы для обсуждения: Оформление списка литературы по ГОСТ. Составление библиографических ссылок на книги, статьи, диссертации, электронные ресурсы. Работа с программой для управления библиографией

Тема 5: Исследовательская работа: введение

Вопросы для обсуждения: Написание введения к учебно-исследовательской работе. Формулировка цели, задач, объекта и предмета. Составление гипотезы.

Тема 6: Исследовательская работа: основная часть

Вопросы для обсуждения: Написание фрагмента литературного обзора. Описание методики эксперимента. Представление результатов в виде таблиц и графиков. Интерпретация полученных данных.

Тема 7: Исследовательская работа: заключение

Вопросы для обсуждения: Формулировка выводов по результатам работы. Сопоставление выводов с поставленными задачами. Определение перспектив дальнейшего исследования.

Тема 8: Оформление письменной работы

Вопросы для обсуждения: Проверка оформления работы на соответствие ГОСТ. Создание оглавления. Оформление списка литературы. Подготовка рукописи к сдаче. Рецензирование работы коллегами.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: стиль и жанры академических текстов. Исследовательская работа: выбор темы и заглавия. Исследовательская работа: материал и его систематизация. Библиографический аппарат научной работы. Структура введения научной работы. Логическая структура основной части. Функции и структура заключения. Оформление письменной работы по ГОСТ.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ образцов академических текстов. Формулировка темы и заглавия исследовательской

работы. Составление плана сбора и систематизации материала. Оформление списка литературы и библиографических ссылок. Написание введения к учебно-исследовательской работе. Написание фрагмента литературного обзора. Формулировка выводов по результатам работы. Проверка оформления работы на соответствие ГОСТ.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Признаки научного стиля речи. Жанры академических текстов. Критерии выбора темы и требования к заголовку. Структура введения: актуальность, цель, задачи, объект, предмет, гипотеза. Структура основной части научной работы. Функции заключения. Правила оформления библиографических ссылок. Требования к форматированию письменной работы. |

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	Индекс	Оценочные средства по

разделы (темы) дисциплины	контролируемой компетенции (или ее части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Особенности научного дискурса: стиль и жанры академических текстов; работа над академическим текстом в университете	УПК-1, ОПК-1	Устный опрос с элементами дискуссии. Самостоятельная письменная работа
Исследовательская работа: выбор темы и заглавия	УПК-1, ОПК-1	Эссе
Исследовательская работа: материал	УПК-1, ОПК-1	Устный опрос с элементами дискуссии. Самостоятельная письменная работа
Исследовательская работа: библиография	УПК-1, ОПК-1	Контрольная работа
Исследовательская работа: введение	УПК-1, ОПК-1	Эссе
Исследовательская работа: основная часть	УПК-1, ОПК-1	Устный опрос с элементами дискуссии. Самостоятельная письменная работа
Исследовательская работа: заключение	УПК-1, ОПК-1	Устный опрос с элементами дискуссии. Самостоятельная письменная работа
Оформление письменной работы	УПК-1, ОПК-1	Контрольная работа

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

Примеры заданий.

Сравните предложенные преподавателем списки заглавий к эссе на одну тему. Какие отличия вы видите?

Прочитайте введение к статье, предложенной вам преподавателем. Найдите в нем формулировку темы исследования, подхода к теме, проблемы исследования, информацию об организации текста статьи.

Сформулируйте проблему работы, которую вы пишете в настоящий момент, в одном предложении.

Рассмотрите примеры неудачных слайд-шоу к докладам. Какие ошибки вы видите?

Рассмотрите примеры хендаутов (handouts), предложенных преподавателем. В чем отличия между ними? В каком случае уместно использование каждого из них? Какую информацию стоило бы вынести в хендаут, если бы вы делали доклад по своей теме?

Подготовьте слайд-шоу, сделайте доклад по англоязычной статье, которую предложил вам преподаватель.

Пользуясь Интернетом, найдите информацию о международной конференции на интересующую вас тему. Какие требования к тезисам выдвигаются организаторами?

Напишите тезисы в соответствии с требованиями этой конференции.

Примеры заданий контрольной работы.

Найдите формулировку проблемы исследования в предложенном вам введении.

Составьте введение к курсовой работе на основании предложенных вам данных.

Найдите ошибки в оформлении библиографии.

Сделайте презентацию из 10 слайдов по предложенному преподавателем тексту.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

- 1) Какие цели преследует научный текст? Как эти цели определяют особенности научного стиля?
- 2) Какими средствами создается объективность научного текста?
- 3) Каковы особенности фигуры автора в научных текстах?
- 4) Кому адресован академический текст и как это определяет особенности текста?
- 5) Назовите основные жанры академической письменной речи.
- 6) Каким требованиям должно отвечать заглавие академического текста?
- 7) Основные черты эссе как академического жанра. Объем, структура, язык, стиль.
- 8) Структура текста: введение.
- 9) Структура текста: основная часть.
- 10) Структура текста: заключение.
- 11) Что такое термин и каким он должен быть? Как подобрать нужный термин?
- 12) Для чего служит цитирование в научном тексте?
- 13) Как оформить цитату?
- 14) Устный академический дискурс. Структура научного доклада.
- 15) Как организовать слайд-шоу к научному докладу?
- 16) Что такое handout, для чего он служит?
- 17) Процедура подачи тезисов на конференцию.
- 18) Тезисы на конференцию: объем, структура, язык, стиль.

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	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать	хорошо		71-85

	ой деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	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 зачтено	Менее 55

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

Основная литература:

1. Цителадзе, Д. Д. Управление проектами: учебник / Д. Д. Цителадзе. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 361 с. — (Высшее образование). — DOI 10.12737/1817091. - ISBN 978-5-16-018658-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2038340>

Дополнительная литература:

1. Михельсон Т. Н. Как писать по-английски научные статьи, рефераты и рецензии: методические указания / Т. Н. Михельсон, Н. В. Успенская. - СПб.: Спец. лит., 1995.

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 (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»**
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Профессиональная подготовка на английском языке»

Шифр: 03.04.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика наукоемких технологий

Квалификация выпускника:

Физик-исследователь

2026

Лист согласования

Составители: Инна Витальевна Ракова, кандидат педагогических наук Ресурсного центра (кафедры) иностранных языков

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. Наименование дисциплины *«Профессиональная подготовка на английском языке»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Профессиональная подготовка на английском языке».

Цель изучения дисциплины: формирование у магистров иноязычной коммуникативной компетенции, уровень которой позволяет использовать иностранный язык в научной деятельности, а также дает возможность продолжить обучение и вести научную деятельность в иноязычной среде.

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
УК-1. Способен к формированию и изменению собственных жизненно-образовательных маршрутов в профессиональных сообществах с учётом приоритетов собственной деятельности и национального развития	УК-1.7. Редактирует, составляет и переводит различные академические тексты в том числе на иностранном(ых) языке(ах). УК-1.8. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на публичных мероприятиях, включая международные, в том числе на иностранном(ых) языке(ах). УК-1.10. Выстраивает профессиональное взаимодействие с учетом культурных особенностей представителей разных этносов, конфессий и социальных групп, а также приоритетов национального развития.	Знать: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях, методы научно-исследовательской деятельности; Уметь: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов; Владеть: навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития, владеть технологиями профессиональной деятельности в сфере научных исследований;
ОПК-2. Способен	ОПК-2.1. Использует	Знать: виды и особенности

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	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.	письменных текстов и устных выступлений; понимать общее содержание сложных текстов на абстрактные и конкретные темы, в том числе узкоспециальные тексты. Уметь: применять этические нормы использования иноязычной коммуникации; подбирать литературу по теме, составлять двуязычный словарь, переводить и реферировать специальную литературу, подготавливать научные доклады и презентации на базе прочитанной специальной литературы, объяснять свою точку зрения и рассказывать о своих планах. Владеть: навыками обсуждения знакомой темы, делая важные замечания и отвечая на вопросы; создания простого связного текста по знакомым или интересующим его темам, адаптируя его для целевой аудитории.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Профессиональная подготовка на английском языке» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	<i>Solar Photovoltaic (PV) Technology</i>	<i>Exploring the principles, materials, and advancements in converting sunlight into electricity using solar panels.</i>
2.	<i>Solar Thermal Energy</i>	<i>Understanding how solar thermal systems collect and convert solar radiation into heat for various applications, such as water heating and space heating.</i>
3.	<i>Solar Power Plant Design and Operation</i>	<i>Examining the planning, design, and operation of utility-scale solar power plants, including considerations like site selection, layout, and integration with the grid.</i>
4.	<i>Solar Energy Storage</i>	<i>Investigating different storage technologies, such as batteries and pumped hydro storage, to overcome the intermittent nature of solar power and ensure continuous energy supply.</i>
5.	<i>Solar Policy and Economics:</i>	<i>Discussing the policies, incentives, and economic factors that impact the growth and adoption of solar energy at local, national, and global levels.</i>
6.	<i>Solar Energy in Transportation</i>	<i>Exploring the use of solar energy in vehicles, including solar-powered electric cars, buses, and trains, as well as solar charging infrastructure.</i>
7.	<i>Solar Energy in Developing Countries</i>	<i>Addressing the challenges and opportunities associated with deploying solar energy solutions in developing countries, aiming to improve access to clean and affordable electricity.</i>
8.	<i>Solar Energy and Climate Change Mitigation:</i>	<i>Analyzing the role of solar energy in reducing greenhouse gas emissions, combating climate change, and transitioning to a sustainable and low-carbon energy system.</i>

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: Solar Photovoltaic (PV) Technology

Вопросы для обсуждения: Exploring the principles, materials, and advancements in converting sunlight into electricity using solar panels.

Тема 2: Solar Thermal Energy

Вопросы для обсуждения: Understanding how solar thermal systems collect and convert solar radiation into heat for various applications, such as water heating and space heating.

Тема 3: Solar Power Plant Design and Operation.

Вопросы для обсуждения: Examining the planning, design, and operation of utility-scale solar power plants, including considerations like site selection, layout, and integration with the grid.

Тема 4: Solar Energy Storage

Вопросы для обсуждения: Investigating different storage technologies, such as batteries and pumped hydro storage, to overcome the intermittent nature of solar power and ensure continuous energy supply.

Тема 5: Solar Policy and Economics

Вопросы для обсуждения: Discussing the policies, incentives, and economic factors that impact the growth and adoption of solar energy at local, national, and global levels.

Тема 6: Solar Energy in Transportation

Вопросы для обсуждения: Exploring the use of solar energy in vehicles, including solar-powered electric cars, buses, and trains, as well as solar charging infrastructure.

Тема 7: Solar Energy in Developing Countries.

Вопросы для обсуждения: Addressing the challenges and opportunities associated with deploying solar energy solutions in developing countries, aiming to improve access to clean and affordable electricity.

Тема 8: Solar Energy and Climate Change Mitigation

Вопросы для обсуждения: Analyzing the role of solar energy in reducing greenhouse gas emissions, combating climate change, and transitioning to a sustainable and low-carbon energy system.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Solar Photovoltaic (PV) Technology

Вопросы для обсуждения: Exploring the principles, materials, and advancements in converting sunlight into electricity using solar panels.

Тема 2: Solar Thermal Energy

Вопросы для обсуждения: Understanding how solar thermal systems collect and convert solar radiation into heat for various applications, such as water heating and space heating.

Тема 3: Solar Power Plant Design and Operation.

Вопросы для обсуждения: Examining the planning, design, and operation of utility-scale solar power plants, including considerations like site selection, layout, and integration with the grid.

Тема 4: Solar Energy Storage

Вопросы для обсуждения: Investigating different storage technologies, such as batteries and pumped hydro storage, to overcome the intermittent nature of solar power and ensure continuous energy supply.

Тема 5: Solar Policy and Economics

Вопросы для обсуждения: Discussing the policies, incentives, and economic factors that impact the growth and adoption of solar energy at local, national, and global levels.

Тема 6: Solar Energy in Transportation

Вопросы для обсуждения: Exploring the use of solar energy in vehicles, including solar-powered electric cars, buses, and trains, as well as solar charging infrastructure.

Тема 7: Solar Energy in Developing Countries.

Вопросы для обсуждения: Addressing the challenges and opportunities associated with deploying solar energy solutions in developing countries, aiming to improve access to clean and affordable electricity.

Тема 8: Solar Energy and Climate Change Mitigation

Вопросы для обсуждения: Analyzing the role of solar energy in reducing greenhouse gas emissions, combating climate change, and transitioning to a sustainable and low-carbon energy system.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Solar Photovoltaic Technology. Solar Thermal Energy. Solar Power Plant Design and Operation. Solar Energy Storage. Solar Policy and Economics. Solar Energy in Transportation. Solar Energy in Developing Countries. Solar Energy and Climate Change Mitigation.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Calculating the efficiency of photovoltaic panels. Assessing the thermal output of solar collectors. Analyzing the payback period of solar power plants. Comparing different energy storage systems. Analyzing government policies supporting solar energy. Assessing the environmental impact of solar energy deployment.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Principles of photovoltaic energy conversion. Types and characteristics of solar thermal systems. Key aspects of solar power plant design. Battery and pumped hydro storage technologies. Economic incentives for solar energy adoption. Solar-powered transport solutions. Solar energy access in developing regions. The role of solar energy in reducing greenhouse gas emissions.

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
Solar Photovoltaic (PV) Technology	УК-1, ОПК-2	<i>общая беседа, обсуждение в парах, группах</i>
Solar Thermal Energy	УК-1, ОПК-2	<i>проект</i>
Solar Power Plant Design and Operation	УК-1, ОПК-2	<i>резюме</i>
Solar Energy Storage	УК-1, ОПК-2	<i>индивидуальный проект</i>
Solar Policy and Economics:	УК-1, ОПК-2	<i>творческий проект</i>
Solar Energy in Transportation	УК-1, ОПК-2	<i>общая беседа, обсуждение в парах, группах</i>
Solar Energy in Developing Countries	УК-1, ОПК-2	<i>проект</i>
Solar Energy and Climate Change Mitigation:	УК-1, ОПК-2	<i>резюме</i>

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

Типовые задания контрольных работ:

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

1. The Importance of Solar Energy in Achieving Renewable Energy Goals
2. Solar Panels: Advancements in Technology and Efficiency
3. Solar Energy and Global Climate Change

4. Solar Energy for Rural Electrification
5. Solar Energy in Developing Countries
6. Solar Energy Storage
7. Solar Energy Policy and Regulations
8. Solar Energy and Job Creation
9. Solar Energy in Urban Environments

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. *What is solar energy and how does it work?*
2. What are the advantages of using solar energy as a renewable source of power?
3. What are the different types of solar panels available in the market?
4. How efficient are solar panels in converting sunlight into electricity?
5. How do solar thermal systems harness the sun's energy for heating purposes?
6. What are some common applications of solar energy in residential settings?
7. How does the cost of solar energy compare to traditional sources of energy like fossil fuels?
8. What are the main challenges in integrating solar energy into the existing power grid?
9. How does solar energy contribute to reducing carbon emissions and addressing climate change?
10. What are the key factors to consider when selecting a location for a solar power plant?
11. How can energy storage technologies enhance the reliability and scalability of solar energy systems?
12. What is the role of government policies and incentives in promoting the adoption of solar energy?
13. How does solar energy impact job creation and economic growth in the renewable energy sector?
14. What are some innovative trends and emerging technologies in the field of solar energy?
15. How can solar energy be integrated with other renewable energy sources to create a more sustainable energy mix?

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	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать	хорошо		71-85

	ой деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	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 зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Курашвили Е.И. Английский язык для студентов-физиков. Второй этап обучения: учебное пособие/ Е.И. Курашвили, И.И. Кондратьева, В.С. Штрунова . — 2-е изд, перераб. и доп. — М.: Астрель: АСТ, 2005.
2. Mark Ibbotson. Cambridge English for Engineering. Upper Intermediate Student's Book with Audio CDs. Cambridge University Press, 2010.
3. Tamzen Armer. Cambridge English for Scientists. Upper Intermediate Student's Book with Audio CDs. Cambridge University Press, 2012.

Дополнительная литература

1. Mark Ibbotson. Professional English in Use. Technical English for Professionals. Cambridge University Press, 2009.
2. Virginia Evans, Jenny Doodly, Irina Shiahova. New Round-up. Grammar. Pearson. Longman, 2011.
3. Raymond Murphy. Essential Grammar in Use. A self-study reference and practice book for elementary students of English. Cambridge University Press, 2007.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

Для проведения практических занятий (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»**
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы физической химии»

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. Наименование дисциплины *«Основы физической химии»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Основы физической химии».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний о термодинамических и кинетических закономерностях химических процессов, физико-химических свойствах растворов, электрохимических явлениях и механизмах катализа, а также освоение навыков применения этих знаний для решения прикладных задач 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-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 термодинамические и кинетические свойства химических систем, условия химического равновесия, механизмы катализа, а также физико-химические свойства растворов и электрохимических процессов. Уметь: применять физические и математические законы для анализа химических процессов, расчёта термодинамических параметров, скорости реакций, констант равновесия и электрохимических потенциалов, а также проводить быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физической химии для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной

		деятельности. Владеть: навыками использования знаний из области химической термодинамики, кинетики, катализа и электрохимии для решения прикладных задач в наукоёмких технологиях, включая энергетику, материаловедение и сенсорные системы.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы физической химии» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в физическую химию	Предмет и задачи физической химии. Связь с физикой, химией и наукоёмкими технологиями. Основные методы физико-химических исследований.
2.	Химическая термодинамика	Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса. Первое, второе и третье начала термодинамики. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.
3.	Химическое	Закон действующих масс. Константа химического

	равновесие	равновесия. Изотерма химической реакции.
4.	Химическая кинетика	Скорость химической реакции. Закон действующих масс. Порядок и молекулярность реакции. Кинетические уравнения. Зависимость скорости от температуры. Энергия активации.
5.	Катализ	Понятие катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Адсорбция. Применение катализа в наукоёмких технологиях.
6.	Растворы и электрохимия	Идеальные и реальные растворы. Коллигативные свойства. Электролитическая диссоциация. Электропроводность растворов. Электродные потенциалы. Гальванические элементы.

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 физическую химию.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи физической химии. Место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и наукоёмкими технологиями. Основные методы физико-химических исследований. Термодинамический и статистический подходы к описанию химических систем.

Тема 2: Химическая термодинамика.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия химической термодинамики: система, фаза, компонент, термодинамические параметры. Первое, второе и третье начала термодинамики применительно к химическим процессам.

Тема 3: Химическое равновесие.

Вопросы для обсуждения: Условия химического равновесия. Закон действующих масс. Константа химического равновесия и способы её выражения. Изотерма химической реакции. Зависимость константы равновесия от температуры.

Тема 4: Химическая кинетика

Вопросы для обсуждения: Скорость химической реакции. Зависимость скорости от концентрации. Закон действующих масс для элементарных реакций. Порядок и молекулярность реакции. Кинетические уравнения реакций различных порядков. Зависимость скорости реакции от температуры.

Тема 5: Катализ.

Вопросы для обсуждения: Понятие катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Механизм действия катализаторов. Ферментативный катализ.

Тема 6: Растворы и электрохимия

Вопросы для обсуждения: Классификация растворов. Способы выражения состава раствора. Термодинамика растворения. Идеальные и реальные растворы. Активность и коэффициент активности. Сильные и слабые электролиты. Электропроводность растворов электролитов. Электродные потенциалы

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в физическую химию.

Вопросы для обсуждения: Классификация химических систем. Определение числа компонентов и степеней свободы. Расчёт состава смесей. Анализ размерностей физико-химических величин.

Тема 2: Химическая термодинамика.

Вопросы для обсуждения: Расчёт стандартных термодинамических величин.

Тема 3: Химическое равновесие.

Вопросы для обсуждения: Расчёт константы равновесия по термодинамическим данным. Определение равновесного состава смеси.

Тема 4: Химическая кинетика

Вопросы для обсуждения: Определение порядка реакции по кинетическим данным.

Тема 5: Катализ.

Вопросы для обсуждения: Сравнение эффективности различных катализаторов.

Тема 6: Растворы и электрохимия.

Вопросы для обсуждения: Сравнение эффективности различных катализаторов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в физическую химию. Химическая термодинамика. Химическое равновесие. Химическая кинетика. Катализ. Растворы и электрохимия.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт константы равновесия по термодинамическим данным. Определение равновесного состава смеси. Решение задач на смещение равновесия. Определение порядка реакции по кинетическим данным. Расчёт константы скорости и периода полупревращения. Скорость химической реакции. Зависимость скорости от концентрации и температуры.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия и законы химической термодинамики.

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 физическую химию	ОПК-1	Тестирование
Химическая термодинамика	ОПК-1	Тестирование
Химическое равновесие	ОПК-1	Тестирование
Химическая кинетика	ОПК-1	Тестирование
Катализ	ОПК-1	Тестирование
Растворы и электрохимия	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 «Химическая термодинамика»

1. Какая из перечисленных величин является функцией состояния системы?

- А) Теплота
- Б) Работа
- В) Внутренняя энергия
- Г) Количество теплоты

2. Что является математическим выражением первого начала термодинамики для закрытой системы?

- А) $\Delta U = Q + A$
- Б) $\Delta S \geq Q/T$
- В) $G = H - TS$
- Г) $PV = nRT$

3. Как называется тепловой эффект реакции, протекающей при постоянном давлении?

- А) Изменение внутренней энергии
- Б) Изменение энтропии
- В) Изменение энтальпии
- Г) Изменение энергии Гиббса

4. Какой закон термодинамики утверждает, что энтропия изолированной системы не

убывает?

- А) Первое начало
- Б) Второе начало
- В) Третье начало
- Г) Нулевое начало

5. Какое утверждение соответствует закону Гесса?

- А) Тепловой эффект реакции зависит от пути её проведения
- Б) Тепловой эффект реакции определяется только начальным и конечным состояниями системы
- В) Тепловой эффект реакции всегда положителен
- Г) Тепловой эффект реакции не зависит от температуры

6. Какая из перечисленных величин является критерием самопроизвольного протекания процесса при постоянных температуре и давлении?

- А) $\Delta U < 0$
- Б) $\Delta H < 0$
- В) $\Delta G < 0$
- Г) $\Delta S < 0$

7. Как называется часть термодинамической системы, отделённая от окружающей среды реальными или мысленными границами?

- А) Фаза
- Б) Компонент
- В) Система
- Г) Процесс

8. Что характеризует энтропия системы?

- А) Мету беспорядка (неупорядоченности) системы
- Б) Полную энергию системы
- В) Способность системы совершать работу
- Г) Теплоёмкость системы

9. Как изменится энтропия при плавлении твёрдого тела?

- А) Уменьшится
- Б) Не изменится
- В) Увеличится
- Г) Изменение зависит от температуры

10. Какое уравнение описывает зависимость теплового эффекта реакции от температуры?

- А) Уравнение Аррениуса
- Б) Уравнение Кирхгофа
- В) Уравнение Вант-Гоффа
- Г) Уравнение Клапейрона – Менделеева

11. Какая из перечисленных реакций сопровождается увеличением энтропии?

- А) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
- Б) $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$
- В) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O(ж)$
- Г) $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

12. Что такое стандартная энтальпия образования вещества?

- А) Тепловой эффект реакции разложения 1 моль вещества на простые вещества
- Б) Тепловой эффект реакции образования 1 моль вещества из простых веществ при стандартных условиях
- В) Тепловой эффект реакции горения 1 моль вещества
- Г) Энтальпия перехода вещества из одной фазы в другую

13. Какое значение имеет изменение энергии Гиббса для обратимого процесса при равновесии?

- А) $\Delta G = 0$

Б) $\Delta G > 0$

В) $\Delta G < 0$

Г) $\Delta G = 1$

14. Как называется раздел химической термодинамики, изучающий тепловые эффекты химических реакций?

А) Термохимия

Б) Кинетика

В) Электрохимия

Г) Адсорбция

15. Какое начало термодинамики устанавливает невозможность достижения абсолютного нуля температуры?

А) Первое начало

Б) Второе начало

В) Третье начало

Г) Нулевое начало

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи физической химии. Место физической химии в системе естественных наук и наукоёмких технологиях. Основные методы физико-химических исследований.
2. Основные понятия химической термодинамики: система, фаза, компонент, термодинамические параметры. Классификация систем.
3. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Их физический смысл и связь между собой.
4. Первое начало термодинамики. Математическая формулировка. Применение к химическим процессам.
5. Термохимия. Стандартные энтальпии образования и сгорания.
6. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.
7. Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния.
8. Третье начало термодинамики. Следствия третьего начала. Абсолютная энтропия.
9. Условия химического равновесия. Закон действующих масс.
10. Зависимость константы равновесия от температуры.
11. Смещение химического равновесия при изменении температуры, давления и концентрации.
12. Фазовые равновесия. Диаграммы состояния однокомпонентных и двухкомпонентных систем.
13. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции. Закон действующих масс для элементарных реакций.
14. Порядок и молекулярность реакции. Кинетические уравнения реакций нулевого, первого и второго порядков. Период полупревращения.

15. Зависимость скорости реакции от температуры. Энергия активации. Теория активных столкновений и теория переходного состояния.
16. Понятие катализа. Гомогенный и гетерогенный катализ. Механизм действия катализаторов. Ферментативный катализ.
17. Адсорбция и гетерогенный катализ Теория активных центров.
18. Классификация растворов. Способы выражения состава раствора. Идеальные и реальные растворы. Активность и коэффициент активности.
19. Коллигативные свойства растворов: понижение давления пара, повышение температуры кипения, понижение температуры замерзания, осмотическое давление.
20. Электролитическая диссоциация. Сильные и слабые электролиты. Электропроводность растворов электролитов. Электродные потенциалы.

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 степенью 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. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия: учебное пособие / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1402-4. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211037>
2. Еремин, В. В. Основы общей и физической химии: учебное пособие / В. В. Еремин, А. Я. Борщевский. — Москва: Интеллект, 2026. — 847 с. — ISBN 978-5-91559-250-5. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477432>

Дополнительная литература

1. Попова, А. А. Физическая химия: учебное пособие / А. А. Попова, Т. Б. Попова. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-1796-4. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

Для проведения практических занятий (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»
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Введение в физику рентгеновского излучения»

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. Наименование дисциплины *«Введение в физику рентгеновского излучения»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Введение в физику рентгеновского излучения».

Цель изучения дисциплины: формирование у магистрантов фундаментальных знаний о физической природе рентгеновского излучения, механизмах его взаимодействия с веществом и современных методах его применения для решения научных 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, описывающие процессы генерации, взаимодействия с веществом, дифракции и регистрации рентгеновского излучения, для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. Уметь: применять физические и математические законы для анализа явлений в рентгеновской оптике, спектроскопии и структурной диагностике, а также проводить быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения задач рентгеновской физики и смежных наукоёмких технологий. Владеть: навыками использования знаний из специализированных областей физики и математики для решения

		фундаментальных и прикладных задач в сфере рентгеновской диагностики материалов и биомедицинских исследований.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Введение в физику рентгеновского излучения» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Природа и способы получения рентгеновского излучения	Место рентгеновского излучения в шкале электромагнитных волн. История открытия рентгеновского излучения. Устройство и принцип работы рентгеновской трубки. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение, механизмы их возникновения. Спектральный состав рентгеновского излучения. Синхротронное излучение как источник рентгеновских лучей.
2.	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	Основные механизмы взаимодействия: фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние, когерентное рассеяние, рождение электрон-позитронных пар. Энергетическая зависимость сечений взаимодействия. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Понятие слоя половинного ослабления.

3.	Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах	Условия дифракции рентгеновских лучей. Дифракция на монокристаллах и поликристаллах. Динамическая теория дифракции рентгеновских лучей. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей.
4.	Рентгеновская оптика и детекторы	Принципы фокусировки и коллимации рентгеновских пучков. Многослойные рентгеновские зеркала. Рентгеновские монохроматоры. Кристаллы-анализаторы. Капиллярная оптика. Газонаполненные детекторы. Сцинтилляционные детекторы и фотоэлектронные умножители. Полупроводниковые детекторы. Позиционно-чувствительные детекторы.
5.	Рентгеновская спектроскопия и рентгеноструктурный анализ	Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия как метод элементного анализа. Спектроскопия тонкой структуры рентгеновского поглощения. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Рентгеновская эмиссионная спектроскопия. Определение типа кристаллической решётки, параметров элементарной ячейки, пространственной группы симметрии. Анализ фазового состава.
6.	Рентгеновская томография и микроскопия	Физические основы рентгеновской компьютерной томографии. Принципы реконструкции изображения из проекционных данных. Пространственное разрешение и контрастная чувствительность. Микротомография и нанотомография. Рентгеновская проекционная микроскопия.
7.	Применение синхротронного излучения	Физические принципы генерации синхротронного излучения. Характеристики синхротронного излучения. Способы получения синхротронного излучения. Экспериментальные станции синхротронных центров. Применение синхротронного излучения для исследования конденсированных сред.

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: Природа и способы получения рентгеновского излучения.

Вопросы для обсуждения: Вопросы для обсуждения: Место рентгеновского излучения в шкале электромагнитных волн. История открытия рентгеновского излучения. Устройство и принцип работы рентгеновской трубки. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение, механизмы их возникновения.

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.

Вопросы для обсуждения: Основные механизмы взаимодействия: фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние, когерентное рассеяние, рождение электрон-позитронных пар. Энергетическая зависимость сечений взаимодействия. Линейный и массовый коэффициенты ослабления.

Тема 3: Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах.

Вопросы для обсуждения: Условия дифракции рентгеновских лучей. Дифракция на монокристаллах и поликристаллах.

Тема 4: Рентгеновская оптика и детекторы.

Вопросы для обсуждения: Принципы фокусировки и коллимации рентгеновских пучков. Многослойные рентгеновские зеркала. Рентгеновские монохроматоры. Кристаллы-анализаторы. Капиллярная оптика.

Тема 5: Рентгеновская спектроскопия и рентгеноструктурный анализ.

Вопросы для обсуждения: Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия как метод элементного анализа. Спектроскопия тонкой структуры рентгеновского поглощения. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.

Тема 6: Рентгеновская томография и микроскопия.

Вопросы для обсуждения: Физические основы рентгеновской компьютерной томографии. Принципы реконструкции изображения из проекционных данных. Пространственное разрешение и контрастная чувствительность. Микротомография и нанотомография.

Тема 7: Применение синхротронного излучения.

Вопросы для обсуждения: Физические принципы генерации синхротронного излучения. Характеристики синхротронного излучения. Способы получения синхротронного излучения.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Природа и способы получения рентгеновского излучения.

Вопросы для обсуждения: Определение энергии и длины волны характеристических линий. Расчёт тормозного спектра

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициента ослабления рентгеновского излучения для заданного материала. Определение толщины слоя половинного ослабления.

Тема 3: Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах.

Вопросы для обсуждения: Расчёт межплоскостных расстояний по рентгенограмме. Индексирование дифракционных максимумов. Определение параметров элементарной ячейки.

Тема 4: Рентгеновская оптика и детекторы.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетического разрешения детекторов различных типов.

Тема 5: Рентгеновская спектроскопия и рентгеноструктурный анализ.

Вопросы для обсуждения: Интерпретация рентгенофлуоресцентного спектра. Качественный и полуколичественный анализ элементного состава.

Тема 6: Рентгеновская томография и микроскопия.

Вопросы для обсуждения: Расчёт проекций объекта для компьютерной томографии. Анализ алгоритмов реконструкции изображения.

Тема 7: Применение синхротронного излучения.

Вопросы для обсуждения: Расчёт критической энергии и критической длины волны синхротронного излучения.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Природа и способы получения рентгеновского излучения. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Рентгеновская оптика и детекторы. Рентгеновская спектроскопия и рентгеноструктурный анализ. Рентгеновская томография и микроскопия. Применение синхротронного излучения.

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

характеристического спектра рентгеновской трубки. Определение энергии и длины волны характеристических линий. Расчёт коэффициента ослабления рентгеновского излучения. Определение толщины слоя половинного ослабления. Расчёт межплоскостных расстояний по рентгенограмме. Определение параметров элементарной ячейки. Оценка пространственного разрешения томографа.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Место рентгеновского излучения в шкале электромагнитных волн. Устройство и принцип работы рентгеновской трубки. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Основные механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Условия дифракции рентгеновских лучей. Типы рентгеновских детекторов.

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	Индекс	Оценочные средства по

(темы) дисциплины	контролируемой компетенции (или ее части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Природа и способы получения рентгеновского излучения	ОПК-1	Тестирование
Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	ОПК-1	Тестирование
Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах	ОПК-1	Тестирование
Рентгеновская оптика и детекторы	ОПК-1	Тестирование
Рентгеновская спектроскопия и рентгеноструктурный анализ	ОПК-1	Тестирование
Рентгеновская томография и микроскопия	ОПК-1	Тестирование
Применение синхротронного излучения	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 «Природа и способы получения рентгеновского излучения»

1. В каком диапазоне длин волн находится рентгеновское излучение?

А) 400 – 780 нм

Б) 1 мм – 1 м

В) 0,01 – 10 нм

Г) 1 – 100 мкм

2. Кто открыл рентгеновское излучение?

А) Антуан Беккерель

Б) Вильгельм Рентген

В) Эрнест Резерфорд

Г) Генрих Герц

3. Какой физический процесс лежит в основе генерации тормозного рентгеновского излучения в рентгеновской трубке?

А) Испускание фотонов при переходах электронов между атомными уровнями

Б) Резкое торможение быстрых электронов в электрическом поле атомов анода

В) Термоэлектронная эмиссия с катода

Г) Фотоэлектрический эффект на аноде

4. Что представляет собой характеристическое рентгеновское излучение?

А) Непрерывный спектр излучения

Б) Линейчатый спектр, характерный для материала анода

В) Излучение, возникающее при торможении электронов

Г) Излучение, возникающее при аннигиляции электронов и позитронов

5. Какие два основных элемента содержит рентгеновская трубка?

А) Катод и анод

Б) Конденсатор и катушка индуктивности

В) Трансформатор и выпрямитель

Г) Электронная пушка и фокусирующая система

6. Как зависит максимальная энергия тормозного рентгеновского излучения от напряжения на рентгеновской трубке?

А) Не зависит

- Б) Прямо пропорциональна напряжению
 - В) Обратно пропорциональна напряжению
 - Г) Пропорциональна квадрату напряжения
7. Что такое синхротронное излучение?
- А) Излучение, возникающее при торможении электронов в мишени
 - Б) Излучение, возникающее при движении заряженных частиц по криволинейной траектории с релятивистскими скоростями
 - В) Излучение, возникающее при переходах электронов между атомными уровнями
 - Г) Излучение, возникающее при термоэлектронной эмиссии
8. Какая характеристика рентгеновского излучения определяет его проникающую способность?
- А) Интенсивность
 - Б) Жёсткость (энергия квантов)
 - В) Степень когерентности
 - Г) Поляризация
9. Какой элемент обычно используется в качестве материала анода в рентгеновских трубках для медицинской диагностики?
- А) Железо
 - Б) Медь
 - В) Вольфрам
 - Г) Алюминий
10. Как изменяется спектральный состав тормозного излучения при увеличении напряжения на рентгеновской трубке?
- А) Коротковолновая граница смещается в сторону более длинных волн
 - Б) Коротковолновая граница смещается в сторону более коротких волн
 - В) Спектр не изменяется
 - Г) Появляются новые характеристические линии
11. Какой механизм нагрева анода является основным в рентгеновской трубке?
- А) Электронная бомбардировка
 - Б) Джоулево тепло
 - В) Трение
 - Г) Конвекция
12. Что такое коротковолновая граница тормозного рентгеновского спектра?
- А) Минимальная длина волны излучения, определяемая напряжением на трубке
 - Б) Максимальная длина волны излучения
 - В) Длина волны характеристического излучения
 - Г) Длина волны, на которой интенсивность максимальна
13. Какое излучение даёт непрерывный спектр?
- А) Характеристическое
 - Б) Тормозное
 - В) Флуоресцентное
 - Г) Спонтанное
14. Как называется явление испускания электронов нагретым катодом в рентгеновской трубке?
- А) Фотоэффект
 - Б) Термоэлектронная эмиссия
 - В) Автоэлектронная эмиссия
 - Г) Вторичная эмиссия
15. Какой параметр рентгеновской трубки определяет интенсивность рентгеновского излучения?
- А) Только напряжение
 - Б) Только ток

- В) Напряжение и ток
Г) Материал катода
16. Какое из перечисленных применений использует характеристическое рентгеновское излучение?
А) Медицинская томография
Б) Рентгенофлуоресцентный анализ
В) Дефектоскопия
Г) Флюорография
17. Что происходит с электронами в рентгеновской трубке после их ускорения?
А) Они возвращаются на катод
Б) Они попадают на анод и тормозятся
В) Они рассеиваются в вакууме
Г) Они вылетают из трубки через специальное окно
18. Какое свойство синхротронного излучения является его главным преимуществом перед излучением рентгеновских трубок?
А) Низкая стоимость
Б) Компактность установки
В) Высокая интенсивность и широкий спектральный диапазон
Г) Простота управления
19. Для чего в рентгеновской трубке используется фокусирующий электрод?
А) Для увеличения напряжения
Б) Для уменьшения нагрева анода
В) Для фокусировки пучка электронов на анод
Г) Для защиты от излучения
20. Какой закон описывает связь между частотой характеристического излучения и атомным номером материала анода?
А) Закон Бугера
Б) Закон Вульфа – Брэггов
В) Закон Мозли
Г) Закон Стефана – Больцмана

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Место рентгеновского излучения в шкале электромагнитных волн. История открытия рентгеновского излучения.
2. Устройство и принцип работы рентгеновской трубки. Термоэлектронная эмиссия и фокусировка электронного пучка.
3. Тормозное рентгеновское излучение: механизм возникновения, спектральный состав, коротковолновая граница.
4. Характеристическое рентгеновское излучение: механизм возникновения, спектральный состав, закон Мозли.
5. Синхротронное излучение: физические принципы генерации, характеристики, способы получения.
6. Основные механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом: фотоэлектрическое поглощение, комптоновское рассеяние, когерентное рассеяние.

7. Зависимость сечений взаимодействия рентгеновского излучения от энергии фотонов и атомного номера материала.
8. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Слой половинного ослабления.
9. Условия дифракции рентгеновских лучей на кристаллах.
10. Методы рентгеноструктурного анализа.
11. Динамическая теория дифракции рентгеновских лучей
12. Рентгеновская оптика: принципы фокусировки и коллимации. Многослойные рентгеновские зеркала. Монохроматоры. Капиллярная оптика.
13. Детекторы рентгеновского излучения: газонаполненные, сцинтилляционные, полупроводниковые. Принципы работы и характеристики.
14. Рентгеновская флуоресцентная спектроскопия как метод элементного анализа. Качественный и количественный анализ.
15. Спектроскопия тонкой структуры рентгеновского поглощения.
16. Рентгеновская компьютерная томография: физические основы, принципы реконструкции изображения, разрешение.
17. Рентгеновская микроскопия: проекционная, с использованием зонных пластинок, когерентная дифракционная микроскопия.
18. Синхротронное излучение: генерация в поворотных магнитах, ондуляторах и вигглерах. Характеристики и применение.
19. Применение синхротронного излучения для исследования конденсированных сред: рентгеновская дифракция, спектроскопия, томография.
20. Практические применения рентгеновского излучения в наукоёмких технологиях: материаловедение, биомедицина, дефектоскопия, безопасность.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

1. Стожаров, В. М. Физика рентгеновского излучения: учебное пособие для вузов / В. М. Стожаров. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 100 с. – ISBN 978-5-507-47076-1. – Текст: электронный. – URL: <https://e.lanbook.com/book/324422>

Дополнительная литература

1. Рентгеновское излучение: учебное пособие для вузов / составители В. Р. Гитлин, Е. А. Колосов, С. В. Нагорнов. – Воронеж: ВГУ, 2018. – 82 с.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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 (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»
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптика полупроводников»

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. Наименование дисциплины «*Оптика полупроводников*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Оптика полупроводников».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системы фундаментальных знаний о физических принципах оптических явлений в полупроводниках, а также освоение современных методов исследования и практических навыков применения полупроводниковой оптики и оптоэлектроники для решения задач 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 физические принципы оптических переходов в полупроводниках, включая влияние примесей, дефектов и внешних полей, а также современные спектроскопические методы исследования объемных и низкоразмерных полупроводниковых структур. Уметь: использовать теоретические и экспериментальные физические методы для решения научно-исследовательских задач в области оптики полупроводников и прогнозирование применения полученных знаний для решения междисциплинарных задач в смежных областях науки и техники. Владеть: практическими подходами к организации и проведению теоретических и экспериментальных научных исследований оптических

		свойств полупроводников, навыками применения специализированных знаний из области физики полупроводников и оптоэлектроники для решения профессиональных задач в наукоёмких технологиях.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в оптику полупроводников	Предмет и задачи дисциплины. Место оптики полупроводников в физике конденсированного состояния и наукоёмких технологиях. Основные оптические явления в полупроводниках: поглощение, отражение, пропускание, люминесценция, рассеяние света. Связь оптических свойств с электронной структурой и зонной диаграммой полупроводников. Классификация полупроводников по типу зонной структуры.
2.	Фундаментальные	Межзонные оптические переходы. Край

	оптические переходы в полупроводниках	фундаментального поглощения. Прямые и не прямые оптические переходы. Правила отбора. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотона.
3.	Оптические свойства полупроводников в присутствии примесей и дефектов	Поглощение света на примесных центрах. Поглощение свободными носителями заряда. Механизмы рассеяния носителей. Дефектные уровни и их роль в оптических переходах. Люминесценция на примесных центрах. Фотолюминесценция, катодолюминесценция, электролюминесценция.
4.	Спектроскопия полупроводников	Методы экспериментального исследования оптических свойств полупроводников. Измерение спектров поглощения, отражения и пропускания. Методы модуляционной спектроскопии. Температурная зависимость оптических спектров. Влияние электрического и магнитного полей на оптические свойства.
5.	Низкоразмерные полупроводниковые структуры и их оптические свойства	Квантовые ямы, нити и точки. Квантово-размерный эффект. Изменение электронного спектра и оптических переходов в низкоразмерных структурах. Экситоны в квантовых ямах. Оптические свойства сверхрешёток. Методы получения низкоразмерных структур. Оптические свойства полупроводниковых квантовых точек.
6.	Нелинейно-оптические свойства полупроводников	Нелинейная восприимчивость полупроводников. Механизмы нелинейного отклика. Вынужденное комбинационное рассеяние и четырёхволновое смешение в полупроводниках. Нелинейные эффекты в полупроводниковых лазерах. Нелинейно-оптические свойства наноструктур. Применения полупроводников для оптической обработки сигналов.
7.	Полупроводниковые гетероструктуры и оптоэлектронные приборы	Понятие гетероперехода. Типы гетеропереходов. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Оптические свойства гетероструктур. Лазеры на квантовых точках. Полупроводниковые фотодетекторы. Фототранзисторы и фототиристоры. Применения в волоконно-оптических линиях связи и сенсорике.
8.	Спектроскопия полупроводников во внешних полях	Влияние электрического поля на оптические спектры. Влияние магнитного поля на оптические свойства. Оптическое детектирование электронного парамагнитного резонанса. Спектроскопия поверхностных и интерфейсных состояний. Применение полевых эффектов для модуляции оптических свойств.
9.	Полупроводниковая фотоника и нанофотоника	Фотонные кристаллы на основе полупроводников. Полупроводниковые плазмонные структуры. Оптические свойства плазмонно-полупроводниковых наноструктур. Применение полупроводников в солнечной энергетике.

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 оптику полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Место оптики полупроводников в физике конденсированного состояния и наукоёмких технологиях. Основные оптические явления в полупроводниках: поглощение, отражение, пропускание, люминесценция. Связь оптических свойств с зонной структурой полупроводников. Классификация полупроводников по типу зонной структуры.

Тема 2: Фундаментальные оптические переходы в полупроводниках.

Вопросы для обсуждения: Межзонные оптические переходы. Край фундаментального поглощения. Прямые и непрямые оптические переходы. Правила отбора. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотона.

Тема 3: Оптические свойства полупроводников в присутствии примесей и дефектов.

Вопросы для обсуждения: Поглощение света на примесных центрах. Поглощение свободными носителями заряда. Механизмы рассеяния носителей. Дефектные уровни и их роль в оптических переходах. Люминесценция на примесных центрах.

Тема 4: Спектроскопия полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Методы экспериментального исследования оптических свойств полупроводников. Измерение спектров поглощения, отражения и пропускания. Определение ширины запрещённой зоны и типа оптических переходов. Методы модуляционной спектроскопии. Температурная зависимость оптических спектров.

Тема 5: Низкоразмерные полупроводниковые структуры и их оптические свойства.

Вопросы для обсуждения: Квантовые ямы, нити и точки. Квантово-размерный эффект. Изменение электронного спектра и оптических переходов в низкоразмерных структурах. Экситоны в квантовых ямах. Методы получения низкоразмерных структур. Оптические свойства полупроводниковых квантовых точек.

Тема 6: Нелинейно-оптические свойства полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Нелинейная восприимчивость полупроводников. Механизмы нелинейного отклика. Нелинейные эффекты в полупроводниковых лазерах.

Тема 7: Полупроводниковые гетероструктуры и оптоэлектронные приборы.

Вопросы для обсуждения: Понятие гетероперехода. Типы гетеропереходов. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Лазеры на квантовых точках. Полупроводниковые фотодетекторы. Применение в волоконно-оптических линиях связи и сенсорике.

Тема 8: Спектроскопия полупроводников во внешних полях.

Вопросы для обсуждения: Влияние электрического поля на оптические спектры. Влияние магнитного поля на оптические свойства. Спектроскопия поверхностных и интерфейсных состояний. Применение полевых эффектов для модуляции оптических свойств.

Тема 9: Полупроводниковая фотоника и нанофотоника.

Вопросы для обсуждения: Фотонные кристаллы на основе полупроводников. Полупроводниковые плазмонные структуры. Применение полупроводников в солнечной энергетике. Двумерные полупроводники и их оптические свойства. Перспективы развития полупроводниковой оптики и фотоники.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в оптику полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Анализ зонной структуры полупроводников. Определение типа полупроводника по зонной диаграмме. Расчёт плотности состояний. Классификация полупроводников по ширине запрещённой зоны.

Тема 2: Фундаментальные оптические переходы в полупроводниках.

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициента поглощения для прямых и непрямых переходов. Определение ширины запрещённой зоны по спектру поглощения.

Тема 3: Оптические свойства полупроводников в присутствии примесей и дефектов.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии ионизации примесных центров по положению примесных пиков в спектрах поглощения и люминесценции. Оценка концентрации примесей по интенсивности поглощения.

Тема 4: Спектроскопия полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Обработка экспериментальных спектров поглощения и отражения. Определение ширины запрещённой зоны, показателя преломления, диэлектрической проницаемости. Построение спектров комбинационного рассеяния и идентификация фононных мод.

Тема 5: Низкоразмерные полупроводниковые структуры и их оптические свойства.

Вопросы для обсуждения: Расчёт уровней энергии в квантовой яме и квантовой точке. Определение энергии экситона в низкоразмерных структурах. Анализ красного и синего сдвига в спектрах квантовых точек.

Тема 6: Нелинейно-оптические свойства полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Расчёт нелинейной восприимчивости третьего порядка для полупроводников. Оценка эффективности генерации второй гармоники.

Тема 7: Полупроводниковые гетероструктуры и оптоэлектронные приборы.

Вопросы для обсуждения: Построение энергетической диаграммы гетероперехода. Расчёт тока через гетеропереход. Определение порогового тока полупроводникового лазера.

Тема 8: Спектроскопия полупроводников во внешних полях.

Вопросы для обсуждения: Анализ сдвига края поглощения в электрическом поле. Расчёт величины расщепления уровней в магнитном поле.

Тема 9: Полупроводниковая фотоника и нанопотоника.

Вопросы для обсуждения: Расчёт фотонной запрещённой зоны для полупроводникового фотонного кристалла. Анализ плазмонного резонанса в полупроводниковых наноструктурах. Расчёт эффективности солнечного элемента на основе полупроводникового гетероперехода.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в оптику полупроводников. Фундаментальные оптические переходы в полупроводниках. Оптические свойства полупроводников в присутствии примесей и дефектов. Спектроскопия полупроводников. Нелинейно-оптические свойства полупроводников. Спектроскопия полупроводников во внешних полях. Полупроводниковая фотоника и нанопотоника.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ зонной структуры полупроводников. Расчёт коэффициента поглощения для прямых и непрямых переходов. Оценка концентрации примесей по интенсивности поглощения. Расчёт уровней энергии в квантовой яме и квантовой точке. Расчёт нелинейной восприимчивости и эффективности генерации второй гармоники. Построение энергетической диаграммы гетероперехода. Расчёт величины расщепления уровней в магнитном поле.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Связь оптических свойств с зонной структурой полупроводников. Прямые и непрямые оптические переходы. Экситонные эффекты. Поглощение на примесных центрах и свободными носителями. Методы спектроскопии полупроводников. Фотонные кристаллы и плазмонные структуры на основе полупроводников. Применение полупроводников в оптоэлектронных приборах и солнечной энергетике.

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 оптику полупроводников	ОПК-2	Тестирование
Фундаментальные оптические переходы в полупроводниках	ОПК-2	Тестирование
Оптические свойства полупроводников в присутствии примесей и дефектов	ОПК-2	Тестирование
Спектроскопия полупроводников	ОПК-2	Тестирование

Низкоразмерные полупроводниковые структуры и их оптические свойства	ОПК-2	Тестирование
Нелинейно-оптические свойства полупроводников	ОПК-2	Тестирование
Полупроводниковые гетероструктуры и оптоэлектронные приборы	ОПК-2	Тестирование
Спектроскопия полупроводников во внешних полях	ОПК-2	Тестирование
Полупроводниковая фотоника и нанофотоника	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 «Введение в оптику полупроводников»

1. Что является предметом изучения оптики полупроводников?

- А) Электрические свойства полупроводников
- Б) Взаимодействие электромагнитного излучения с полупроводниковыми материалами
- В) Теплопроводность полупроводников
- Г) Магнитные свойства полупроводников

2. Какая ширина запрещённой зоны характерна для полупроводников при комнатной температуре?

- А) Менее 0,1 эВ
- Б) От 0,1 до 0,5 эВ
- В) От 0,5 до 3-4 эВ
- Г) Более 5 эВ

3. Что такое прямозонный полупроводник?

- А) Полупроводник, в котором максимум валентной зоны и минимум зоны проводимости находятся при одном и том же значении волнового вектора
- Б) Полупроводник с широкой запрещённой зоной
- В) Полупроводник с высокой подвижностью носителей
- Г) Полупроводник, легированный примесью

4. Какое оптическое явление заключается в уменьшении интенсивности света при прохождении через полупроводник?

- А) Отражение
- Б) Преломление
- В) Поглощение
- Г) Рассеяние

5. Какой параметр определяет положение края фундаментального поглощения полупроводника?

- А) Подвижность электронов
- Б) Диэлектрическая проницаемость
- В) Ширина запрещённой зоны
- Г) Концентрация примесей

6. Что такое люминесценция полупроводников?

- А) Поглощение света полупроводником
- Б) Излучение света полупроводником после его возбуждения

- В) Отражение света от поверхности полупроводника
Г) Рассеяние света на дефектах
7. Какая из перечисленных величин характеризует отражение света от поверхности полупроводника?
А) Коэффициент пропускания
Б) Коэффициент поглощения
В) Коэффициент отражения
Г) Показатель преломления
8. Что происходит с шириной запрещённой зоны полупроводника при повышении температуры?
А) Увеличивается
Б) Уменьшается
В) Не изменяется
Г) Сначала увеличивается, затем уменьшается
9. Какая область электромагнитного спектра наиболее информативна для исследования оптических свойств полупроводников с шириной запрещённой зоны 1-2 эВ?
А) Ультрафиолетовая
Б) Видимая и ближняя инфракрасная
В) Дальняя инфракрасная
Г) Рентгеновская
10. Какой тип полупроводников имеет наибольшее применение в оптоэлектронике?
А) Непрямозонные
Б) Прямозонные
В) Аморфные
Г) Поликристаллические
11. Какое из перечисленных соединений является прямозонным полупроводником?
А) Кремний
Б) Германий
В) Арсенид галлия
Г) Карбид кремния
12. Что такое фонон?
А) Квант электромагнитного излучения
Б) Квант колебаний кристаллической решётки
В) Элементарное возбуждение в электронной системе
Г) Примесный центр в кристалле
13. Как зависит коэффициент поглощения полупроводника от энергии фотона вблизи края фундаментального поглощения для прямых переходов?
А) Коэффициент поглощения пропорционален квадрату энергии фотона
Б) Коэффициент поглощения пропорционален квадратному корню из энергии фотона
В) Коэффициент поглощения пропорционален корню квадратному из разности энергии фотона и ширины запрещённой зоны
Г) Коэффициент поглощения пропорционален квадрату разности энергии фотона и ширины запрещённой зоны
14. Что происходит с электроном при межзонном оптическом переходе?
А) Изменяется только его энергия
Б) Изменяется энергия и волновой вектор
В) Изменяется только спин
Г) Не изменяются ни энергия, ни волновой вектор
15. Почему кремний практически не используется в светоизлучающих устройствах?
А) Из-за высокой теплопроводности
Б) Из-за непрямозонной структуры
В) Из-за низкой подвижности носителей

Г) Из-за высокой диэлектрической проницаемости

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Место оптики полупроводников в физике конденсированного состояния и наукоёмких технологиях.
2. Основные оптические явления в полупроводниках: поглощение, отражение, пропускание, люминесценция. Связь оптических свойств с зонной структурой полупроводников.
3. Классификация полупроводников по типу зонной структуры. Прямозонные и непрямозонные полупроводники, их оптические особенности.
4. Межзонные оптические переходы. Край фундаментального поглощения. Прямые и не прямые оптические переходы, правила отбора.
5. Экситонные эффекты в полупроводниках. Экситонное поглощение и люминесценция.
6. Поглощение света на примесных центрах. Поглощение свободными носителями заряда. Дефектные уровни и их роль в оптических переходах.
7. Люминесценция полупроводников. Фотолюминесценция, катодолюминесценция, электролюминесценция. Методы спектроскопии полупроводников. Измерение спектров поглощения, отражения и пропускания. Определение ширины запрещённой зоны.
8. Низкоразмерные полупроводниковые структуры. Квантовые ямы, нити и точки. Квантово-размерный эффект. Оптические свойства квантовых точек.
9. Нелинейно-оптические свойства полупроводников. Механизмы нелинейного отклика. Оптическая бистабильность. Генерация второй гармоники.
10. Полупроводниковые гетероструктуры. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Полупроводниковые лазеры и светодиоды на основе гетероструктур.
11. Полупроводниковые фотодетекторы. Типы, принцип работы, квантовая эффективность. Применение в волоконно-оптических линиях связи.
12. Влияние электрического поля на оптические спектры полупроводников. Влияние магнитного поля на оптические свойства полупроводников. Магнитопоглощение. Циклотронный резонанс.
13. Фотонные кристаллы и плазмонные структуры на основе полупроводников. Применение полупроводников в солнечной энергетике и нанофотонике.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

		оценки сформированности)	оценка		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. 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. — URL: <https://e.lanbook.com/book/480662>

Дополнительная литература

1. Рыбина, Н. В. Оптоэлектроника и квантовая оптика: учебное пособие / Н. В. Рыбина. — Рязань: РГРТУ, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-7722-0363-7. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/380474>

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 (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»
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Обработка оптической информации»

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. Наименование дисциплины «*Обработка оптической информации*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: «Обработка оптической информации».

Цель изучения дисциплины: формирование системы фундаментальных знаний о принципах и методах оптической обработки информации, а также освоение практических навыков применения оптических методов для решения задач 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-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 принципы и методы оптической обработки информации, а также подходы из смежных областей физики и математики, необходимые для комплексного анализа и прогнозирования применимости результатов научных исследований в наукоёмких технологиях. Уметь: проводить анализ результатов научных исследований в области оптической обработки информации, участвовать в профессиональных дискуссиях о передовых методах и технологиях, а также описывать полученные результаты с использованием междисциплинарных подходов для решения прикладных задач в различных сферах профессиональной деятельности. Владеть: навыками критической оценки применимости результатов научной и профессиональной деятельности в области обработки оптической

		информации, способностью использовать знания и методы из физико-математических наук для решения комплексных задач с учётом междисциплинарного подхода.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Обработка оптической информации» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в оптическую обработку информации	Предмет и задачи дисциплины. Место оптических методов в системах обработки информации. Преимущества и ограничения оптической обработки по сравнению с цифровой. Основные понятия: когерентность, пространственная частота, оптический спектр. Принципы параллельной обработки информации в оптике.
2.	Фурье-оптика и пространственная фильтрация	Преобразование Фурье в оптике. Дифракция Фраунгофера как Фурье-преобразование. Свойства преобразования Фурье. Оптическая реализация преобразования Фурье с помощью линзы. Пространственно-частотная фильтрация

		оптических сигналов. Метод щелевой фильтрации. Метод фазового контраста. Фильтрация сигналов с использованием пространственных фильтров. Применения: выделение контуров изображений, подавление периодических помех, коррекция оптических аберраций.
3.	Оптическая голография и голографическая интерферометрия	Голография как метод записи и восстановления волнового фронта. Амплитудные и фазовые голограммы. Типы голограмм. Классификация голограмм по расположению предметного и опорного пучков. Математическая модель формирования голограммы и процесса восстановления изображения. Применение голографии: голографическая интерферометрия, лазерная голография, цифровая голография.
4.	Когерентная оптическая обработка информации	Понятие когерентной оптической системы. Основные схемы обработки: 4F-система. Формирование частотного спектра в фокальной плоскости. Оптические корреляторы. Согласованная пространственная фильтрация и оптическая корреляция. Восстановление изображений, искажённых известным искажением. Преимущества и недостатки когерентных систем.
5.	Некогерентная оптическая обработка информации	Особенности оптической обработки в некогерентном свете. Функция рассеяния точки. Оптическая передаточная функция и модуляционная передаточная функция. Формирование оптического изображения как операция свертки. Методы повышения качества изображений в некогерентных системах. Применение некогерентных систем для обработки сигналов.
6.	Электрооптические устройства и пространственные модуляторы света	Электрооптический эффект. Электрооптические модуляторы для управления амплитудой, фазой и поляризацией света. Пространственные модуляторы света как ключевые элементы систем обработки информации. Типы пространственных модуляторов света. Физические принципы работы и характеристики пространственных модуляторов света. Применение пространственных модуляторов света в оптических вычислителях и системах распознавания образов.
7.	Нелинейно-оптические методы обработки информации	Нелинейная поляризация среды. Эффекты: генерация гармоник, параметрическое усиление, фазовое сопряжение. Оптическое фазовое сопряжение: физические принципы и методы реализации. Применение фазового сопряжения для коррекции оптических искажений. Усиление и преобразование сигналов в параметрических усилителях.
8.	Оптические нейронные сети и оптические вычисления	Архитектуры оптических нейронных сетей. Оптическая реализация операций умножения вектора на матрицу. Голографические нейронные сети. Процессоры на основе объёмных голограмм. Микрорезонаторы и нанопотонные элементы для высокоскоростных оптических вычислений. Применения: распознавание образов, кластеризация, ассоциативный поиск информации. Перспективы и ограничения оптических вычислителей.

9.	Цифровая голография	Принципы цифровой голографии: регистрация голограммы на ПЗС-матрице, численное восстановление волнового фронта. Методы численного восстановления. Компенсация aberrаций. Цифровая голографическая микроскопия и измерение фазовых объектов. Количественная фазовая визуализация. Преимущества цифровой голографии. Применения в биомедицине, механике, микроскопии.
10.	Биомедицинские применения оптической обработки информации	Методы оптической когерентной томографии. Принципы формирования томографических изображений с высоким разрешением. Голография в биомедицинской диагностике. Методы флуоресцентной микроскопии с пространственной фильтрацией.

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 оптическую обработку информации.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Место оптических методов в системах обработки информации. Преимущества и ограничения оптической обработки по сравнению с цифровой. Основные понятия: когерентность, пространственная частота, оптический спектр. Принципы параллельной обработки информации в оптике.

Тема 2: Фурье-оптика и пространственная фильтрация.

Вопросы для обсуждения: Преобразование Фурье в оптике. Оптическая реализация преобразования Фурье с помощью линзы. Пространственно-частотная фильтрация оптических сигналов. Метод целевой фильтрации. Метод фазового контраста.

Тема 3: Оптическая голография и голографическая интерферометрия.

Вопросы для обсуждения: Голография как метод записи и восстановления волнового фронта. Амплитудные и фазовые голограммы. Типы голограмм. Классификация голограмм по расположению предметного и опорного пучков. Голографическая интерферометрия: методы двукратной экспозиции, реального времени и усреднения по времени.

Тема 4: Когерентная оптическая обработка информации.

Вопросы для обсуждения: Понятие когерентной оптической системы. Формирование частотного спектра в фокальной плоскости. Согласованная пространственная фильтрация и оптическая корреляция. Восстановление изображений, искажённых известным искажением. Преимущества и недостатки когерентных систем.

Тема 5: Некогерентная оптическая обработка информации.

Вопросы для обсуждения: Особенности оптической обработки в некогерентном свете. Функция рассеяния точки. Оптическая передаточная функция и модуляционная передаточная функция. Формирование оптического изображения как операция свёртки.

Тема 6: Электрооптические устройства и пространственные модуляторы света

Вопросы для обсуждения: Электрооптический эффект. Пространственные модуляторы света как ключевые элементы систем обработки информации. Типы пространственных модуляторов света: жидкокристаллические, магнитооптические, на основе деформации поверхности.

Тема 7: Нелинейно-оптические методы обработки информации.

Вопросы для обсуждения: Нелинейная поляризация среды. Оптическое фазовое сопряжение: физические принципы и методы реализации. Применение фазового

сопряжения для коррекции оптических искажений. Усиление и преобразование сигналов в параметрических усилителях.

Тема 8: Оптические нейронные сети и оптические вычисления.

Вопросы для обсуждения: Архитектуры оптических нейронных сетей. Оптическая реализация операций умножения вектора на матрицу. Голографические нейронные сети. Процессоры на основе объёмных голограмм. Перспективы и ограничения оптических вычислителей.

Тема 9: Цифровая голография.

Вопросы для обсуждения: Методы численного восстановления. Цифровая голографическая микроскопия и измерение фазовых объектов. Количественная фазовая визуализация. Преимущества цифровой голографии.

Тема 10: Биомедицинские применения оптической обработки информации.

Вопросы для обсуждения: Методы оптической когерентной томографии. Принципы формирования томографических изображений с высоким разрешением. Голография в биомедицинской диагностике.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в оптическую обработку информации.

Вопросы для обсуждения: Определение когерентности и пространственной частоты для конкретных оптических систем. Расчёт пространственного спектра простейших объектов. Оценка преимуществ оптической обработки перед цифровой для задач с большим объёмом данных.

Тема 2: Фурье-оптика и пространственная фильтрация.

Вопросы для обсуждения: Построение пространственно-частотных спектров. Проектирование пространственных фильтров для выделения контуров и подавления периодических помех.

Тема 3: Оптическая голография и голографическая интерферометрия.

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров голографической. Анализ условий восстановления изображения.

Тема 4: Когерентная оптическая обработка информации.

Вопросы для обсуждения: Моделирование согласованной фильтрации. Анализ влияния размеров фильтра на качество восстановленного изображения. Расчёт корреляционной функции для простых объектов.

Тема 5: Некогерентная оптическая обработка информации.

Вопросы для обсуждения: Расчёт оптической передаточной функции для заданной аберрации. Определение функции рассеяния точки. Оценка разрешающей способности оптической системы.

Тема 6: Электрооптические устройства и пространственные модуляторы света

Вопросы для обсуждения: Расчёт полуволнового напряжения для электрооптического модулятора. Выбор типа модулятора для конкретной задачи обработки информации.

Тема 7: Нелинейно-оптические методы обработки информации.

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективности генерации второй гармоники. Оценка коэффициента усиления в параметрическом усилителе.

Тема 8: Оптические нейронные сети и оптические вычисления.

Вопросы для обсуждения: Расчёт весовых коэффициентов оптического персептрона. Моделирование голографической ассоциативной памяти. Оценка скорости оптических вычислений по сравнению с электронными.

Тема 9: Цифровая голография.

Вопросы для обсуждения: Расчёт фазового профиля прозрачного микрообъекта.

Тема 10: Биомедицинские применения оптической обработки информации.

Вопросы для обсуждения: Анализ методов оптической когерентной томографии для конкретных клинических задач. Интерпретация голографических изображений

биологических объектов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в оптическую обработку информации. Фурье-оптика и пространственная фильтрация. Оптическая голография и голографическая интерферометрия. Когерентная оптическая обработка информации. Некогерентная оптическая обработка информации. Электрооптические устройства и пространственные модуляторы света. Нелинейно-оптические методы обработки информации. Оптические нейронные сети и оптические вычисления. Цифровая голография. Биомедицинские применения оптической обработки информации.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт пространственного спектра оптических сигналов. Выбор и расчёт характеристик пространственных модуляторов света. Оценка эффективности нелинейно-оптических преобразований. Расчёт весовых коэффициентов оптических нейронных сетей. Численное восстановление цифровых голограмм. Решение задач по оптической когерентной томографии.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия оптической обработки информации. Свойства преобразования Фурье в оптике. Методы пространственной фильтрации. Принципы записи и восстановления голограмм. Типы голографической интерферометрии. Сравнение когерентной и некогерентной обработки. Характеристики электрооптических устройств. Нелинейно-оптические эффекты в обработке информации. Архитектуры оптических нейронных сетей. Методы цифровой голографии и численного восстановления. Применение оптической обработки в биомедицине.

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 оптическую обработку информации	ОПК-3	Тестирование
Фурье-оптика и пространственная фильтрация	ОПК-3	Тестирование
Оптическая голография и голографическая интерферометрия	ОПК-3	Тестирование
Когерентная оптическая обработка информации	ОПК-3	Тестирование
Некогерентная оптическая обработка информации	ОПК-3	Тестирование
Электрооптические устройства и пространственные модуляторы света	ОПК-3	Тестирование
Нелинейно-оптические методы обработки информации	ОПК-3	Тестирование
Оптические нейронные сети и оптические вычисления	ОПК-3	Тестирование
Цифровая голография	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

Примерный перечень тестовых заданий:

1. Что является основным преимуществом оптической обработки информации по сравнению с цифровой?
 - А) Более низкая стоимость оборудования
 - Б) Возможность параллельной обработки больших массивов данных
 - В) Простота программирования

- Г) Отсутствие необходимости в калибровке
2. Что понимается под когерентностью света?
- А) Способность света распространяться в вакууме
- Б) Согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных процессов
- В) Монохроматичность светового излучения
- Г) Высокая интенсивность светового пучка
3. Какая физическая величина характеризует пространственную частоту оптического сигнала?
- А) Длина волны света
- Б) Число периодов изменения интенсивности на единицу длины
- В) Амплитуда световой волны
- Г) Фазовая скорость света
4. Что такое пространственный спектр оптического сигнала?
- А) Распределение интенсивности света в пространстве
- Б) Разложение сигнала по пространственным частотам
- В) Спектральное распределение мощности излучения
- Г) Зависимость амплитуды от времени
5. В чём заключается принцип параллельной обработки информации в оптике?
- А) Использование одного процессора для последовательных вычислений
- Б) Одновременная обработка множества точек изображения с помощью светового пучка
- В) Применение многоядерных процессоров
- Г) Использование последовательных алгоритмов обработки
6. Какое ограничение присуще оптическим методам обработки информации?
- А) Невозможность обработки цветных изображений
- Б) Высокая чувствительность к механическим вибрациям и требования к точности юстировки
- В) Низкая скорость обработки
- Г) Невозможность работы в реальном времени
7. Что является носителем информации в оптической системе обработки?
- А) Электрический ток
- Б) Световое поле
- В) Магнитное поле
- Г) Акустическая волна
8. Какое из перечисленных устройств относится к источникам когерентного излучения?
- А) Светодиод
- Б) Лампа накаливания
- В) Лазер
- Г) Солнечный свет
9. Что такое оптический спектр сигнала?
- А) Зависимость интенсивности от пространственной частоты
- Б) Зависимость амплитуды от времени
- В) Зависимость интенсивности от длины волны
- Г) Зависимость фазы от координаты
10. Какая область электромагнитного спектра наиболее часто используется в системах оптической обработки информации?
- А) Инфракрасная
- Б) Видимая и ближняя инфракрасная
- В) Ультрафиолетовая
- Г) Рентгеновская

11. Что позволяет осуществлять явление дифракции света в системах оптической обработки?
- А) Усиление сигнала
 - Б) Преобразование пространственных частот
 - В) Цифровое кодирование информации
 - Г) Хранение информации
12. Какое из перечисленных преимуществ оптической обработки является наиболее значимым для задач распознавания образов?
- А) Низкое энергопотребление
 - Б) Массовость и дешевизна
 - В) Высокое быстродействие за счёт параллелизма
 - Г) Простота создания алгоритмов
13. Что понимается под пространственной частотой оптического сигнала?
- А) Частота временных колебаний световой волны
 - Б) Пространственный период изменения яркости изображения
 - В) Угол падения света на оптический элемент
 - Г) Длина когерентности источника
14. Какое явление лежит в основе оптической реализации преобразования Фурье?
- А) Отражение света
 - Б) Преломление света
 - В) Дифракция Фраунгофера
 - Г) Поляризация света
15. Какой тип источников света преимущественно используется в системах когерентной оптической обработки информации?
- А) Светоизлучающие диоды
 - Б) Лазеры
 - В) Лампы накаливания
 - Г) Газоразрядные лампы

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

1. Предмет и задачи дисциплины «Обработка оптической информации». Место оптических методов в системах обработки информации.
2. Преимущества и ограничения оптической обработки информации по сравнению с цифровой.
3. Основные понятия оптической обработки: когерентность, пространственная частота, оптический спектр.
4. Принцип параллельной обработки информации в оптических системах.
5. Преобразование Фурье в оптике. Дифракция Фраунгофера как Фурье-преобразование.
6. Свойства преобразования Фурье, используемые в оптической обработке информации.
7. Оптическая реализация преобразования Фурье с помощью линзы.
8. Пространственно-частотная фильтрация оптических сигналов. Виды пространственных фильтров.
9. Метод щелевой фильтрации (темнопольная микроскопия). Метод фазового контраста.

10. Голография как метод записи и восстановления волнового фронта. Амплитудные и фазовые голограммы.
11. Классификация голограмм по расположению предметного и опорного пучков.
12. Голографическая интерферометрия: методы двукратной экспозиции, реального времени и усреднения по времени.
13. Когерентные оптические системы обработки информации. Основные схемы: 4F-система.
14. Оптические корреляторы. Схема Вандер-Люгта. Согласованная пространственная фильтрация.
15. Некогерентная оптическая обработка информации. Функция рассеяния точки. Оптическая передаточная функция.
16. Электрооптические устройства в обработке информации. Электрооптический эффект Поккельса и Керра.
17. Пространственные модуляторы света: типы, принципы работы, характеристики.
18. Нелинейно-оптические методы обработки информации. Оптическое фазовое сопряжение и его применение.
19. Оптические нейронные сети и оптические вычисления. Архитектуры и принципы работы.
20. Цифровая голография. Методы численного восстановления волнового фронта и применение в биомедицинской диагностике.

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,	отлично	зачтено	86-100

		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 зачтено	Менее 55

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

Основная литература

1. Порфирьев, Л. Ф. Основы теории преобразования сигналов в оптико-электронных системах: учебник для вузов / Л. Ф. Порфирьев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1512-0. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211283>

Дополнительная литература

1. Рогов, С. А. Оптическая обработка информации: учебное пособие / С. А. Рогов, М. Г. Высоцкий. — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГТУ, 1998. — Текст: электронный. — URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/si20-535.pdf>

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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 (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»
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы современной оптики и фотоники»

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. Наименование дисциплины «*Основы современной оптики и фотоники*».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: «Основы современной оптики и фотоники».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний о физических принципах генерации, распространения, управления и регистрации оптического излучения, а также освоение современных методов и технологий фотоники для решения прикладных задач в наукоёмких областях.

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 генерации, распространения, управления и регистрации оптического излучения в различных фотонных структурах, для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности. Уметь: применять физические и математические законы для анализа и решения задач в области современной оптики и фотоники, а также проводить быстрый поиск и подбор специализированной информации из области физики и математики, необходимой для решения профессиональных задач. Владеть: навыками использования знаний из специализированных областей физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач в сфере фотонных технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы современной оптики и фотоники» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в современную оптику и фотонику	Предмет и задачи дисциплины. Место оптики и фотоники в системе наукоёмких технологий. Связь фундаментальных оптических исследований с технологическими приложениями. Квантовая природа света и его взаимодействие с веществом.
2.	Лазерные источники излучения в наукоёмких технологиях	Принцип работы лазера. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсия населённости. Типы лазеров, используемых в наукоёмких технологиях. Методы генерации сверхкоротких импульсов.
3.	Полупроводниковая оптоэлектроника	Физические процессы в полупроводниковых гетероструктурах. Светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры. Применение в оптической связи, сенсорике и медицинских технологиях.
4.	Волоконная оптика и волоконные фотонные структуры	Типы оптических волокон. Дисперсия, затухание, нелинейные эффекты в волокнах. Волоконные брэгговские решётки. Волоконные лазеры и усилители. Волоконно-оптические датчики.
5.	Интегральная фотоника и фотонные интегральные схемы	Планарные волноводы. Электрооптические, акустооптические и термооптические модуляторы. Принципы создания фотонных интегральных схем. Технологии изготовления и материалы.

6.	Фотонные кристаллы и управление светом на микро- и наномасштабе	Фотонные кристаллы и их классификация. Фотонная запрещённая зона. Микрорезонаторы. Эффект Парселла и его применение. Моделирование фотонных кристаллов для наукоёмких устройств.
7.	Нанопотоника и плазмоника	Размерные эффекты в нанопотонике. Ближнепольная оптика. Поверхностные плазмоны и локализованные плазмонные резонансы. Плазмонные нанопотонники. Применение плазмоники в сенсорике и биопотонике.
8.	Метаматериалы и метаповерхности для управления светом	Принципы создания метаматериалов. Отрицательный показатель преломления. Суперлинза и сверхразрешение. Метаповерхности как плоские оптические элементы. Применения в наукоёмких технологиях.
9.	Нелинейно-оптические явления и их технологические применения	Нелинейная поляризация среды. Генерация гармоник и параметрические процессы. Самофокусировка и самомодуляция света. Вынужденное комбинационное рассеяние. Нелинейная оптика в лазерных технологиях.
10.	Квантовая фотоника и источники одиночных фотонов	Квантовые точки, одиночные молекулы как квантовые излучатели. Квантовая запутанность. Детекторы одиночных фотонов. Элементная база квантовых технологий.
11.	Фотодетекторы и сенсоры для фотонных систем	Физические принципы работы фотодетекторов. Лавинные фотодиоды, фотоэлектронные умножители, ПЗС-матрицы. Квантовая эффективность и быстродействие. Сенсоры на основе фотонных структур.
12.	Фотонные технологии в наукоёмких приложениях	Биопотоника и оптическая диагностика. Микроскопия сверхвысокого разрешения. Фотоника в медицинской терапии и адресной доставке лекарств. Оптика возобновляемой энергетики. Фотонные технологии в телекоммуникациях и обработке информации.

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 современную оптику и фотонику

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Место оптики и фотоники в системе наукоёмких технологий. Квантовая природа света и его взаимодействие с веществом.

Тема 2: Лазерные источники излучения в наукоёмких технологиях.

Вопросы для обсуждения: Принцип работы лазера. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсия населённостей. Типы лазеров: твердотельные, волоконные, газовые, полупроводниковые. Методы генерации сверхкоротких импульсов. Применение лазеров в наукоёмких технологиях.

Тема 3: Полупроводниковая оптоэлектроника.

Вопросы для обсуждения: Физические процессы в полупроводниковых гетероструктурах. Светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры. Принципы работы и конструкции. Однофотонные источники излучения. Применение в оптической связи, сенсорике и медицинских технологиях.

Тема 4: Волоконная оптика и волоконные фотонные структуры.

Вопросы для обсуждения: Типы оптических волокон. Дисперсия, затухание, нелинейные эффекты в волокнах Волоконно-оптические датчики.

Тема 5: Интегральная фотоника и фотонные интегральные схемы

Вопросы для обсуждения: Планарные оптические волноводы. Принципы изготовления интегрально-оптических устройств. Электрооптические, акустооптические и термооптические модуляторы. Фотонные интегральные схемы. Технологии изготовления и материалы.

Тема 6: Фотонные кристаллы и управление светом на микро- и наномасштабе

Вопросы для обсуждения: Фотонные кристаллы и их классификация. Фотонная запрещённая зона. Методы формирования фотонных кристаллов. Микрорезонаторы и их применение. Моделирование распространения света в периодических структурах.

Тема 7: Нанопотоника и плазмоника.

Вопросы для обсуждения: Масштабы и размерные эффекты в нанооптике. Ближнее и дальнее оптическое поле. Поверхностные плазмоны и локализованные плазмонные резонансы. Применение плазмоники в сенсорике и биофотонике.

Тема 8: Метаматериалы и метаповерхности для управления светом

Вопросы для обсуждения: Определение и классификация метаматериалов. Отрицательный показатель преломления. Суперлинза и сверхразрешение. Метаповерхности для управления волновым фронтом.

Тема 9: Нелинейно-оптические явления и их технологические применения

Вопросы для обсуждения: Нелинейная поляризация среды. Генерация второй и третьей гармоник. Параметрическое усиление и генерация света. Вынужденное комбинационное рассеяние. Нелинейная оптика в лазерных технологиях.

Тема 10: Квантовая фотоника и источники одиночных фотонов

Вопросы для обсуждения: Детекторы одиночных фотонов. Элементная база квантовых технологий. Применение в квантовой криптографии и квантовых вычислениях.

Тема 11: Фотодетекторы и сенсоры для фотонных систем

Вопросы для обсуждения: Физические принципы работы фотодетекторов. Квантовая эффективность, быстродействие, спектральная чувствительность.

Тема 12: Фотонные технологии в наукоёмких приложениях

Вопросы для обсуждения: Биофотоника и оптическая диагностика. Микроскопия сверхвысокого разрешения. Фотоника в медицинской терапии и адресной доставке лекарств. Волоконно-оптические линии связи.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в современную оптику и фотонику

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров световой волны. Определение степени когерентности. Оценка размерности фотонных структур. Классификация оптических явлений по взаимодействию с веществом.

Тема 2: Лазерные источники излучения в наукоёмких технологиях.

Вопросы для обсуждения: Расчёт условий генерации лазера. Определение пороговой мощности и КПД. Расчёт параметров лазерного пучка.

Тема 3: Полупроводниковая оптоэлектроника.

Вопросы для обсуждения: Определение порогового тока. Расчёт спектральных характеристик светодиода. Анализ эффективности инжекции носителей.

Тема 4: Волоконная оптика и волоконные фотонные структуры.

Вопросы для обсуждения: Расчёт числовой апертуры и нормированной частоты оптического волокна.

Тема 5: Интегральная фотоника и фотонные интегральные схемы

Вопросы для обсуждения: Определение полуволнового напряжения электрооптического модулятора.

Тема 6: Фотонные кристаллы и управление светом на микро- и наномасштабе

Вопросы для обсуждения: Расчёт фотонной запрещённой зоны для одномерного фотонного кристалла.

Тема 7: Нанопотоника и плазмоника.

Вопросы для обсуждения: Определение резонансной длины волны для металлической наночастицы.

Тема 8: Метаматериалы и метаповерхности для управления светом

Вопросы для обсуждения: Определение отрицательного показателя преломления.

Тема 9: Нелинейно-оптические явления и их технологические применения

Вопросы для обсуждения: Оценка коэффициента нелинейной восприимчивости.

Тема 10: Квантовая фотоника и источники одиночных фотонов

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетических уровней квантовой точки. Оценка времени жизни возбуждённого состояния.

Тема 11: Фотодетекторы и сенсоры для фотонных систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт квантовой эффективности и токовой чувствительности.

Тема 12: Фотонные технологии в наукоёмких приложениях

Вопросы для обсуждения: Оценка глубины проникновения излучения. Расчёт разрешающей способности оптического микроскопа. Анализ эффективности солнечного элемента.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ (при наличии)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Лазерные источники излучения в наукоёмких технологиях	Исследование пространственных и энергетических характеристик лазерного пучка
2	Полупроводниковая оптоэлектроника	Изучение ватт-амперных и спектральных характеристик полупроводникового лазерного диода
3	Волоконная оптика и волоконные фотонные структуры	Исследование числовой апертуры, затухания и модового состава оптического волокна
4	Волоконная оптика и волоконные фотонные структуры	Освоение метода оптической рефлектометрии для диагностики волоконно-оптических линий связи

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в современную оптику и фотонику. Лазерные источники излучения в наукоёмких технологиях. Полупроводниковая оптоэлектроника. Волоконная оптика и волоконные фотонные структуры. Интегральная фотоника и фотонные интегральные схемы. Фотонные кристаллы и управление светом на микро- и наномасштабе. Нанопотоника и плазмоника. Нелинейно-оптические явления и их технологические применения. Фотонные технологии в наукоёмких приложениях.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт условий генерации лазера. Определение порогового тока лазерного диода. Расчёт числовой апертуры и дисперсии оптического волокна. Расчёт параметров электрооптического модулятора. Расчёт фотонной запрещённой зоны фотонного кристалла. Расчёт длины

распространения поверхностного плазмона. Расчёт эффективной диэлектрической проницаемости метаматериала. Расчёт эффективности генерации второй гармоники. Расчёт энергетических уровней квантовой точки. Расчёт квантовой эффективности фотодетектора.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Принципы лазерной генерации. Типы лазеров и их применение. Светоизлучающие диоды и полупроводниковые лазеры. Типы оптических волокон. Затухание и дисперсия. Электрооптические модуляторы. Фотонные кристаллы и запрещённая зона. Поверхностные плазмоны. Отрицательный показатель преломления метаматериалов. Генерация гармоник и параметрические процессы. Квантовые точки и одиночные фотоны. Типы фотодетекторов и их характеристики. Биофотоника и оптическая диагностика.

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 современную оптику и фотонику	ОПК-1	Тестирование
Лазерные источники излучения в наукоёмких технологиях	ОПК-1	Тестирование
Полупроводниковая оптоэлектроника	ОПК-1	Тестирование
Волоконная оптика и волоконные фотонные структуры	ОПК-1	Тестирование
Интегральная фотоника и фотонные интегральные схемы	ОПК-1	Тестирование
Фотонные кристаллы и управление светом на микро- и наномасштабе	ОПК-1	Тестирование
Нанофотоника и плазмоника	ОПК-1	Тестирование
Метаматериалы и метаповерхности для управления светом	ОПК-1	Тестирование
Нелинейно-оптические явления и их технологические применения	ОПК-1	Тестирование
Квантовая фотоника и источники одиночных фотонов	ОПК-1	Тестирование
Фотодетекторы и сенсоры для фотонных систем	ОПК-1	Тестирование
Фотонные технологии в наукоёмких приложениях	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 задания тестовых заданий:

Тест по теме «Введение в современную оптику и фотонику»

1. Что является предметом изучения фотоники?

- А) Электрические свойства проводников
- Б) Генерация, передача, усиление и детектирование света с помощью оптических технологий
- В) Магнитные свойства материалов
- Г) Тепловые процессы в твёрдых телах

В) Магнитные свойства материалов

Г) Тепловые процессы в твёрдых телах

2. Какое из перечисленных явлений относится к квантовой оптике?

- А) Дифракция света
- Б) Интерференция света
- В) Фотоэлектрический эффект
- Г) Поляризация света

3. Какова длина волны видимого диапазона электромагнитного спектра?

- А) 1 – 10 нм
- Б) 10 – 100 нм

В) 380 – 780 нм

Г) 1 – 10 мм

4. Что характеризует временная когерентность света?

А) Постоянство амплитуды световой волны

Б) Согласованность колебаний в разных точках пространства

В) Согласованность колебаний во времени

Г) Монохроматичность излучения

5. Какая физическая величина является квантом электромагнитного излучения?

А) Электрон

Б) Фотон

В) Протон

Г) Позитрон

6. В каких единицах измеряется интенсивность света?

А) Вольт

Б) Ватт на квадратный метр

В) Джоуль

Г) Герц

7. Что такое поляризация света?

А) Изменение частоты света при распространении

Б) Упорядоченность направления колебаний вектора напряжённости электрического поля

В) Уменьшение интенсивности света при прохождении через среду

Г) Отклонение света от прямолинейного распространения

8. Какой параметр определяет длительность процесса взаимодействия света с веществом?

А) Длина волны

Б) Интенсивность

В) Время когерентности

Г) Степень поляризации

9. Какое из перечисленных устройств относится к источникам некогерентного излучения?

А) Газовый лазер

Б) Светодиод

В) Полупроводниковый лазер

Г) Волоконный лазер

10. Что такое дисперсия света?

А) Зависимость показателя преломления среды от длины волны света

Б) Разложение света в спектр при прохождении через призму

В) Огибание светом препятствий

Г) Усиление света в активной среде

11. Какое из перечисленных направлений НЕ относится к фотонике?

А) Волоконная оптика

Б) Интегральная оптика

В) Ядерная физика

Г) Плазмоника

12. Какая область науки изучает взаимодействие света с веществом на масштабах, меньших длины волны?

А) Геометрическая оптика

Б) Нанофотоника

В) Волновая оптика

Г) Акустооптика

13. Что является основным преимуществом фотонных технологий перед электронными?

А) Более низкая стоимость

Б) Меньшие размеры устройств

В) Более высокая скорость передачи информации и отсутствие нагрева

Г) Простота изготовления

14. Как называется эффект, заключающийся в испускании фотонов веществом при облучении его светом?

А) Комптоновское рассеяние

Б) Фотолюминесценция

В) Эффект Доплера

Г) Эффект Поккельса

15. Какой раздел физики изучает свойства света как электромагнитной волны?

А) Квантовая оптика

Б) Волновая оптика

В) Геометрическая оптика

Г) Фотоника

Примерные задания лабораторной работы по теме «Исследование пространственных и энергетических характеристик лазерного пучка»:

Задание 1. Измерение профиля лазерного пучка

1.1. Включите лазерный источник и дайте ему прогреться в течение 10–15 минут для выхода на стационарный режим.

1.2. Установите профилометр лазерного пучка на оптическую скамью на расстоянии 20 см от выходного окна лазера.

1.3. Зарегистрируйте двумерное распределение интенсивности в поперечном сечении пучка. Запишите полученное изображение.

1.4. Определите форму пучка (круглая, эллиптическая). Сделайте вывод о типе поперечной моды лазера (основная мода ТЕМ₀₀ или высшие моды).

1.5. Постройте одномерные распределения интенсивности по горизонтальному и вертикальному сечениям пучка.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи дисциплины «Основы современной оптики и фотоники». Место фотоники в системе наукоемких технологий.

2. Квантовая природа света и его взаимодействие с веществом. Основные понятия фотоники: фотон, интенсивность, когерентность, поляризация, дисперсия.

3. Принцип работы лазера. Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсия населённости. Условия лазерной генерации.

4. Типы лазеров: твердотельные, волоконные, газовые, полупроводниковые. Их характеристики и области применения в наукоемких технологиях.

5. Методы генерации сверхкоротких импульсов. Модуляция добротности, синхронизация мод.

6. Физические процессы в полупроводниковых гетероструктурах. Светоизлучающие диоды: принцип работы, характеристики, применение.

7. Полупроводниковые лазеры. Конструкции, характеристики, пороговый ток. Применение в оптической связи и сенсорики.

8. Типы оптических волокон: одномодовые и многомодовые. Числовая апертура, нормированная частота.
9. Дисперсия и затухание в оптических волокнах. Механизмы возникновения и способы уменьшения.
10. Волоконные брэгговские решётки. Волоконные усилители и лазеры. Волоконно-оптические датчики.
11. Интегральная фотоника. Планарные оптические волноводы. Технологии изготовления интегрально-оптических устройств.
12. Электрооптические, акустооптические и термооптические модуляторы. Принципы работы и применения.
13. Фотонные кристаллы: классификация, фотонная запрещённая зона. Микрорезонаторы и эффект Парселла.
14. Нанопотоника. Масштабные эффекты. Ближнепольная оптика. Поверхностные плазмоны и локализованные плазмонные резонансы.
15. Метаматериалы и метаповерхности. Отрицательный показатель преломления. Суперлинза. Управление волновым фронтом с помощью метаповерхностей.
16. Нелинейно-оптические явления: генерация гармоник, параметрическое усиление, самофокусировка, вынужденное комбинационное рассеяние.
17. Квантовая фотоника. Квантовые точки, NV-центры в алмазе, одиночные молекулы как квантовые излучатели. Квантовая запутанность.
18. Детекторы одиночных фотонов. Элементная база квантовых технологий. Применение в квантовой криптографии и квантовых вычислениях.
19. Фотодетекторы для фотонных систем. Типы фотодетекторов, квантовая эффективность, быстродействие, спектральная чувствительность.
20. Фотонные технологии в наукоёмких приложениях: биофотоника и оптическая диагностика, волоконно-оптические линии связи, оптика возобновляемой энергетики.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

		принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	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. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 538 с. — ISBN 978-5-8114-1060-6. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/12697>

Дополнительная литература

1. Возианова, А. В. Нанофотоника: в 2 ч. Ч. 1 / А. В. Возианова, М. К. Ходзицкий. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. — 85 с.
2. Скляр, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи: учебник для вузов / О. К. Скляр. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — ISBN 978-5-8114-1039-2.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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 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»
Высшей школы нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методология научного исследования и представление его результатов»

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.

Руководитель ОП

ФИО

Содержание

1. Наименование дисциплины *«Методология научного исследования и представление его результатов»*.
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
- 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
- 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
- 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
- 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Наименование дисциплины: *«Методология научного исследования и представление его результатов».*

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний о методологии, организации и проведении научных исследований в области физики, включая информационное обеспечение, оформление и представление результатов научной работы, а также развитие способности самостоятельно выстраивать и корректировать профессионально-образовательную траекторию с учётом личностных приоритетов, стратегий командной работы и целей национального развития.

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
УК-1. Способен к формированию и изменению собственных жизненно-образовательных маршрутов в профессиональных сообществах с учётом приоритетов собственной деятельности и национального развития	УК-1.1. Умеет анализировать проблемные ситуации, используя системный подход. УК-1.2. Использует способы разработки стратегии действий по достижению цели на основе анализа проблемной ситуации. УК-1.3. Демонстрирует знание этапов жизненного цикла проекта, методов и инструментов управления проектом на каждом из этапов. УК-1.4. Использует методы и инструменты управления проектом для решения профессиональных задач. УК-1.5. Демонстрирует знание методов формирования команды и управления командной работой. УК-1.6. Разрабатывает и реализует командную стратегию в групповой деятельности для достижения поставленной цели.	Знать: этапы жизненного цикла научного проекта, методы и инструменты управления им, принципы формирования и управления командной работой, а также законодательство в области охраны интеллектуальной собственности. Уметь: анализировать проблемные ситуации, используя системный подход; разрабатывать стратегию действий для достижения цели; редактировать, составлять и переводить академические тексты на родном и иностранном языках; представлять результаты научной и профессиональной деятельности на публичных мероприятиях. Владеть: методами самоорганизации и саморазвития; способностью выстраивать гибкую профессионально-образовательную

		траекторию с учётом культурных особенностей, систем ценностей и приоритетов национального развития; навыками создания недискриминационной среды взаимодействия в профессиональных сообществах.
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 законы, теоретические модели и математические методы, лежащие в основе организации и проведения научных исследований, в том числе междисциплинарных. Уметь: использовать теоретические и экспериментальные физико-математические методы для решения научно-исследовательских задач; прогнозировать применение знаний, методов и подходов из области физики и математики для решения междисциплинарных задач. Владеть: практическими навыками организации и проведения теоретических и экспериментальных научных исследований с применением специализированных фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методология научного исследования и представление его результатов» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин

подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Естествознание как система наук о природе. Методы и модели научного познания.	Критерии научного знания. Методы и средства научного познания. Возникновение естествознания. Структура научного знания. Научные открытия. Модели научного познания. Научные традиции. Понятие, содержание и функции науки. Структура науки и этапы её развития. Понятия «наука», «научное познание», «научность», «научное исследование». Научные революции. Фундаментальные научные открытия. Системный подход в научном исследовании.
2.	Методология и организация научного исследования	Теоретико-методологические основы научных исследований. Методология науки. Специфика научной деятельности. Понятие организации научных исследований, их планирование и эффективность. Типовые этапы научно-исследовательских работ. Научно-исследовательская деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики. Научные методы исследования, их классификация. Классификация научных исследований. Содержание теоретического уровня научных исследований. Содержание эмпирического уровня научных исследований. Основные понятия науки: категории, теории, гипотезы, принципы, методы, законы, парадигмы и др. Цель, проблемы, гипотеза, задачи исследования. Объект и предмет исследования.
3.	Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса. Научные	Научные открытия. Научные исследования. Зарождение физических представлений. Физические концепции эпохи античности. Физические концепции средневековья и эпохи Возрождения. Физические концепции XII-XVIII вв.

	открытия.	Классическая физика. Основные концепции и достижения физики XX-XXI вв. Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса.
4.	Методика выполнения научно исследовательской работы	Подготовка, организация и планирование научного исследования. Выбор методов исследования и их характеристика. Определение этапов и задач в научной работе. Обобщение результатов исследования. Подготовка к публикации самостоятельного научного труда. Виды научной продукции. Основы внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности. Основы этики научной деятельности исследований. Оформление научной работы. Внедрение результатов исследования в практику. Сфера внедрения результатов научных исследований в области своей профессиональной деятельности.
5.	Интеллектуальная собственность.	Понятие интеллектуальной собственности. История развития законодательства в области охраны интеллектуальной собственности. Российское законодательство в области охраны интеллектуальной собственности. Система охраны интеллектуальной собственности в России. Патентный поиск. Критерии оценки новизны решения.
6.	Российское законодательство в области охраны интеллектуальной собственности	Система охраны интеллектуальной собственности в России. Патентный поиск. Критерии оценки новизны решения.

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: Естествознание как система наук о природе. Методы и модели научного познания. *Вопросы для обсуждения: Критерии научного знания. Методы и средства научного познания. Структура научного знания. Модели научного познания. Научные традиции и научные революции. Фундаментальные научные открытия. Системный подход в научном исследовании. Понятия науки, научного познания, научного исследования.*

Тема 2: Методология и организация научного исследования

Вопросы для обсуждения: Теоретико-методологические основы научных исследований. Специфика научной деятельности. Организация научных исследований: планирование и эффективность. Типовые этапы научно-исследовательских работ. Классификация научных исследований. Содержание теоретического и эмпирического уровней исследования. Цель, проблемы, гипотеза, задачи исследования. Объект и предмет исследования.

Тема 3: Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса. Научные открытия.

Вопросы для обсуждения: Информационное обеспечение научного исследования. Зарождение физических представлений. Физические концепции эпохи античности, средневековья, Возрождения, классической физики. Основные концепции и достижения физики XX-XXI веков. Научные открытия как результат исследования.

Тема 4: Методика выполнения научно исследовательской работы.

Вопросы для обсуждения: Подготовка, организация и планирование научного

исследования. Выбор методов исследования. Определение этапов и задач в научной работе. Обобщение результатов исследования. Подготовка к публикации самостоятельного научного труда. Виды научной продукции. Основы этики научной деятельности. Оформление научной работы. Внедрение результатов исследования в практику.

Тема 5: Интеллектуальная собственность.

Вопросы для обсуждения: Понятие интеллектуальной собственности. История развития законодательства в области охраны интеллектуальной собственности. Система охраны интеллектуальной собственности в России.

Тема 6: Российское законодательство в области охраны интеллектуальной собственности

Вопросы для обсуждения: Российское законодательство об охране интеллектуальной собственности. Патентный поиск. Критерии оценки новизны решения. Порядок патентования и регистрации прав на результаты интеллектуальной деятельности.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Естествознание как система наук о природе. Методы и модели научного познания.

Вопросы для обсуждения: Анализ критериев научности различных утверждений. Различение эмпирических и теоретических методов познания. Определение типа научной революции по описанию открытия. Применение системного подхода к анализу конкретной научной проблемы.

Тема 2: Методология и организация научного исследования

Вопросы для обсуждения: Формулировка цели, гипотезы, задач, объекта и предмета для предлагаемой темы исследования. Составление плана-графика научного исследования. Выбор методов исследования в зависимости от поставленных задач.

Тема 3: Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса. Научные открытия.

Вопросы для обсуждения: Работа с научными базами данных. Проведение информационного поиска по заданной теме. Оценка релевантности найденной информации. Анализ вклада конкретного научного открытия в развитие физической картины мира.

Тема 4: Методика выполнения научно исследовательской работы.

Вопросы для обсуждения: Составление плана научной статьи. Написание аннотации и введения к исследованию. Оформление списка литературы по ГОСТ. Подготовка тезисов доклада для конференции. Анализ типичных ошибок при оформлении научных работ.

Тема 5: Интеллектуальная собственность.

Вопросы для обсуждения: Различение объектов интеллектуальной собственности. Определение вида правовой охраны для конкретного результата деятельности. Анализ примеров из судебной практики по защите интеллектуальных прав.

Тема 6: Российское законодательство в области охраны интеллектуальной собственности

Вопросы для обсуждения: Проведение патентного поиска по заданной теме. Определение новизны предлагаемого технического решения. Заполнение заявки на патент или свидетельство. Анализ критериев патентоспособности.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Естествознание как система наук о природе, методы и модели научного познания. Методология и организация научного исследования. Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса. Научные открытия. Методика выполнения научно-исследовательской работы. Интеллектуальная собственность. Российское законодательство в области охраны интеллектуальной собственности.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение

упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ критериев научности. Формулировка цели, гипотезы и задач исследования. Составление плана научного исследования. Проведение информационного поиска в научных базах данных. Оформление списка литературы по ГОСТ. Подготовка аннотации и тезисов научной работы. Различение объектов интеллектуальной собственности. Проведение патентного поиска.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Методы и модели научного познания. Структура и этапы научного исследования. Теоретический и эмпирический уровни исследования. Правила оформления научных работ. Объекты и способы охраны интеллектуальной собственности. Критерии патентоспособности. Основные положения российского законодательства в области охраны интеллектуальной собственности.

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
Естествознание как система наук о природе. Методы и модели научного познания.	УК-1, ОПК-2	Тестирование
Методология и организация научного исследования	УК-1, ОПК-2	Тестирование
Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса. Научные открытия.	УК-1, ОПК-2	Тестирование
Методика выполнения научно-исследовательской работы	УК-1, ОПК-2	Контрольная работа
Интеллектуальная собственность.	УК-1, ОПК-2	Тестирование
Российское законодательство в области охраны интеллектуальной собственности	УК-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 задания контрольных работ:

По теме 4 «Методика выполнения научно- исследовательской работы»:

1. Этапы планирования исследования. Предложена тема научного исследования в рамках профиля «Физика наукоёмких технологий»: «Разработка и исследование фотонных кристаллов на основе пористого кремния для оптических сенсоров газов»

Составьте план-график выполнения данного исследования на 8 месяцев. Укажите основные этапы работы (аналитический, экспериментальный, аналитический) и примерные сроки их выполнения.

2. Выбор методов исследования. Для темы исследования из задания 2 определите: какие экспериментальные методы получения образцов необходимы; какие методы структурной диагностики потребуются (не менее 2); какие методы оптической спектроскопии следует применить для исследования сенсорных свойств; какие методы теоретического моделирования могут быть использованы.

Кратко обоснуйте выбор каждого метода с учётом специфики наукоёмких технологий.

3. Структура научной статьи. Перечислите основные разделы научной статьи для публикации в журнале, индексируемом в Scopus, по тематике физики конденсированного состояния. Для каждого раздела укажите его назначение.

4. Оформление научной работы. Представлен фрагмент текста из отчёта по научно-исследовательской работе с ошибками оформления. Исправьте их в соответствии с требованиями ГОСТ и стандартами научных публикаций.

«В работе исследовались фотонные кристаллы на основе пористого кремния. Образцы получали методом электрохимического травления. Спектры отражения измеряли на спектрофотометре PerkinElmer Lambda 950. Автор [3] показал, что положение фотонной запрещённой зоны зависит от пористости. На рисунке показана зависимость длины волны

запрещённой зоны от тока травления. Видно, что с ростом тока положение запрещённой зоны смещается в коротковолновую область.»

Укажите, какие элементы оформления отсутствуют или выполнены неверно.

5. Формулировка выводов. По результатам гипотетического исследования по теме из задания 2 получены следующие данные: методом электрохимического травления получены образцы пористого кремния с пористостью от 40% до 80%; на спектрах отражения образцов обнаружена фотонная запрещённая зона в диапазоне 600–800 нм; положение запрещённой зоны подчиняется линейной зависимости от пористости; при экспонировании образцов в парах этанола наблюдается смещение запрещённой зоны на 15–20 нм; время отклика сенсора составляет 10 секунд, время восстановления – 30 секунд.

Сформулируйте 4-5 выводов, соответствующих поставленным задачам исследования. Выводы должны быть краткими, конкретными и обоснованными.

6. Подготовка тезисов доклада. Напишите тезисы доклада (объёмом 150–200 слов) для международной конференции по физике наукоёмких технологий на основе данных из задания. Тезисы должны включать: актуальность, цель, методы, основные результаты, выводы.

7. Этические нормы научной деятельности. Проанализируйте ситуацию в контексте физики наукоёмких технологий: «Магистрант при подготовке отчёта по НИР использовал результаты компьютерного моделирования фотонного кристалла, выполненные его научным руководителем, оформил их как собственные, не указав источника, и включил в свою выпускную квалификационную работу. При этом он полагал, что так как руководитель дал ему файлы с расчётами, то они являются общей собственностью лаборатории.»

Вопросы:

Какие нормы научной этики нарушены?

Как следовало правильно оформить использование результатов моделирования?

Какие последствия могут наступить для магистранта при защите работы?

Типовые тестовые задания:

По теме 5 «Интеллектуальная собственность»

1. Что из перечисленного НЕ является объектом интеллектуальной собственности?

- А) Изобретение
- Б) Полезная модель
- В) Географический объект
- Г) Программа для ЭВМ

2. Какой документ удостоверяет исключительное право на изобретение в Российской Федерации?

- А) Свидетельство о регистрации
- Б) Патент
- В) Лицензия
- Г) Авторское свидетельство

3. Срок действия исключительного права на изобретение в РФ составляет:

- А) 10 лет
- Б) 15 лет
- В) 20 лет
- Г) 25 лет

4. Какой объект интеллектуальной собственности охраняется авторским правом без обязательной регистрации?

- А) Изобретение
- Б) Промышленный образец
- В) Литературное произведение
- Г) Товарный знак

5. Что из перечисленного является критерием патентоспособности изобретения?
- А) Новизна, оригинальность, эстетичность
 - Б) Новизна, изобретательский уровень, промышленная применимость
 - В) Новизна, полезность, безопасность
 - Г) Новизна, эффективность, воспроизводимость
6. Что такое полезная модель?
- А) Техническое решение, относящееся к устройству
 - Б) Художественно-конструкторское решение изделия
 - В) Алгоритм работы вычислительной машины
 - Г) Способ лечения заболевания
7. Какой орган в РФ осуществляет регистрацию и выдачу патентов на изобретения?
- А) Министерство науки и высшего образования РФ
 - Б) Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент)
 - В) Российская академия наук
 - Г) Министерство промышленности и торговли РФ
8. Что такое патентный поиск?
- А) Поиск нарушителей патентных прав
 - Б) Поиск патентной информации для определения новизны технического решения
 - В) Поиск инвесторов для патентования
 - Г) Поиск литературы по теме исследования
9. Какое право возникает у автора изобретения без оформления патента?
- А) Исключительное право
 - Б) Право на получение патента
 - В) Право на использование третьими лицами
 - Г) Право на продажу изобретения
10. В каком случае возможно использование чужого изобретения без согласия патентообладателя?
- А) При любой некоммерческой деятельности
 - Б) При проведении научного эксперимента с использованием изобретения
 - В) При публикации описания изобретения в открытой печати
 - Г) При продаже устройства, содержащего изобретение

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине:

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Естествознание как система наук о природе. Критерии научного знания и их характеристика.
2. Структура научного знания: эмпирический и теоретический уровни, их взаимосвязь.
3. Методы эмпирического научного познания: наблюдение, измерение, эксперимент.
4. Методы теоретического научного познания: абстрагирование, идеализация, формализация, моделирование.
5. Научные революции и их роль в развитии физической картины мира.
6. Системный подход в научном исследовании: принципы и применение.
7. Типовые этапы организации и проведения научно-исследовательской работы.
8. Формулировка цели, гипотезы, задач, объекта и предмета научного исследования.
9. Классификация научных исследований по различным основаниям.
10. Информационное обеспечение научно-исследовательского процесса. Научные базы данных и поисковые системы.
11. Основные достижения и концепции физики XX-XXI веков в области наукоёмких технологий.
12. Структура и требования к оформлению научной статьи в рецензируемом журнале.
13. Правила оформления библиографического списка по ГОСТ. Типичные ошибки.
14. Подготовка тезисов доклада для научной конференции: структура и требования.

15. Этические нормы научной деятельности: плагиат, автоплагиат, корректное цитирование, авторство.
16. Понятие интеллектуальной собственности. Объекты и субъекты интеллектуальных прав.
17. Критерии патентоспособности изобретения, полезной модели и промышленного образца.
18. Порядок патентования изобретения в Российской Федерации. Роль Роспатента.
19. Патентный поиск: цели, методы, информационные ресурсы.
20. Виды ответственности за нарушение интеллектуальных прав. Способы защиты прав авторов и патентообладателей.

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
Недостат	Отсутствие признаков удовлетворительного		неудовлетв	не	Менее 55

очный	уровня	орительно	зачтено	

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

Основная литература:

1. Басовский, Л. Е. Основы научных исследований: учебник / Л. Е. Басовский, Е. Н. Басовская. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 257 с. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 251-254. – ISBN 978-5-16-016586-8. – ISBN 978-5-16-109177-7 (on-line). – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1192099>

Дополнительная литература

1. Космин, А. В. Основы научных исследований: учебное пособие / А. В. Космин, В. В. Космин. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: РИОР: ИНФРА-М, 2022. – 298 с. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 295. – ISBN 978-5-16-017504-1. – ISBN 978-5-16-110024-0.
2. Герасимов, Б. И. Основы научных исследований: учебное пособие / Б. И. Герасимов, В. В. Дробышева, Н. В. Злобина [и др.]. – 2-е изд., доп. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. – 271 с. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 269-270. – ISBN 978-5-16-016586-8. – ISBN 978-5-16-103085-1.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий (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.