

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Безопасность жизнедеятельности и основы военной подготовки»

Шифр: 03.03.02

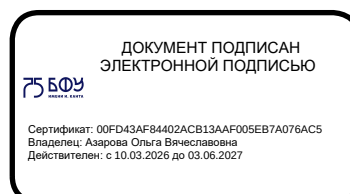
Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика высоких технологий

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград
2026



Лист согласования

Составители:

Масленников П.В., к.б.н., доцент ОНК «Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)»; Судоплатов К.А., ст. преподаватель ОНК «Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)»; Винокурова Н.В., к.б.н., доцент ОНК «Институт медицины и наук о жизни (МЕДБИО)»; Балыко С.В., капитан 1 ранга, к.п.н., начальник военного учебного центра БФУ им. И.Канта; Кужелев А.А., капитан 2 ранга, к.т.н., начальник учебной части - заместитель начальника военного учебного центра БФУ им. И.Канта; Рак Е.Н., подполковник запаса, ст.преподаватель военного учебного центра БФУ им. И.Канта»; Жуков Б.В., подполковник запаса, преподаватель военного учебного центра БФУ им. И.Канта».

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

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

А.В. Юров

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - Программа дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»
 - Программа дисциплины «Основы военной подготовки»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1. Название модуля: «Безопасность жизнедеятельности и основы военной подготовки»

2. Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Целью освоения модуля является формирование представления о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями к безопасности и защищенности человека, формирование навыков безопасного поведения в повседневной жизни и в экстремальных условиях, формирование способности и готовности к выполнению воинского долга и обязанности по защите своей Родины в соответствии с законодательством Российской Федерации.

2.2. Образовательные результаты

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен к формированию собственного жизненно-образовательного маршрута на основе критического мышления, целеполагания, стратегии достижения цели (в том числе в проектном типе деятельности) в условиях создания безопасной среды, с учетом традиционных российских духовно-нравственных ценностей и целей национального развития, в процессе социального взаимодействия	УК.1.15. Оценивает факторы риска и степень потенциальной опасности чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов, умеет обеспечивать личную безопасность и безопасность окружающих в повседневной жизни и в профессиональной деятельности УК.1.16. Применяет методы защиты в чрезвычайных ситуациях, навыки военной подготовки в условиях военных конфликтов в интересах Родины УК.1.17. Формирует культуру безопасного и ответственного поведения.	Знать: – поражающие факторы стихийных бедствий, крупных производственных аварий и катастроф с выходом в атмосферу радиоактивных веществ (РВ) и аварийно-химически опасных веществ (АХОВ), современных средств поражения; – анатомо-физиологические последствия воздействия на человека травмирующих, вредных и опасных производственных факторов; – правовые, нормативно-технические и организационные основы «Безопасности жизнедеятельности»; – основные положения общевойсковых уставов ВС РФ; – организацию внутреннего порядка в подразделении; – основные положения Курса стрельб из стрелкового оружия; – устройство стрелкового оружия, боеприпасов и ручных гранат; – предназначение, задачи и организационно-штатную структуру общевойсковых подразделений (мотострелкового отделения, взвода, роты); – основные факторы, определяющие характер, организацию и способы ведения современного общевойскового боя; – общие сведения о ядерном, химическом и биологическом оружии, средствах его применения; – правила поведения и меры профилактики в условиях заражения радиоактивными, отравляющими веществами и бактериальными средствами; – тактические свойства местности, их влияние на действия подразделений в боевой обстановке;
		– назначение, номенклатуру и условные знаки топографических карт;

		– основные способы и средства оказания первой медицинской помощи при ранениях и травмах; – тенденции и особенности развития современных международных отношений, место и роль России в многополярном мире, основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны; – основные положения Военной доктрины РФ; – правовое положение и порядок прохождения военной службы. Уметь: – проводить контроль параметров и уровня негативных воздействий на их соответствие нормативным требованиям; – эффективно применять средства защиты от негативных воздействий; – планировать мероприятия по защите производственного персонала и населения в чрезвычайных ситуациях и при необходимости принимать участие в проведении спасательных и других неотложных работ при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций; – правильно применять и выполнять положения общевоинских уставов ВС РФ; – осуществлять разборку и сборку автомата (АК-74) и пистолета (ПМ), подготовку к боевому применению ручных гранат; – оборудовать позицию для стрельбы из стрелкового оружия; – выполнять мероприятия радиационной, химической и биологической защиты; – читать топографические карты различной номенклатуры; – давать оценку международным военно-политическим и внутренним событиям и фактам с позиции патриота своего Отечества; – применять положения нормативно-правовых актов. Владеть: – методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций; – методами прогнозирования чрезвычайных ситуаций и предотвращения их негативных последствий; – методами повышения стрессоустойчивости; – способами управления эмоциями в экстремальных ситуациях; – строевыми приемами на месте и в движении; – навыками управления строями взвода; – первичными навыками стрельбы из стрелкового оружия; – первичными навыками подготовки к ведению общевойскового боя;
		– навыками применения индивидуальных средств РХБ защиты; – первичными навыками ориентирования на

		местности по карте и без карты; – навыками применения индивидуальных средств медицинской защиты и подручных средств для оказания первой медицинской помощи при ранениях и травмах; навыками работы с нормативно-правовыми документами.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

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

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

1. Наименование дисциплины: «Безопасность жизнедеятельности».

Целью освоения дисциплины формирование представления о неразрывном единстве эффективной профессиональной деятельности с требованиями к безопасности и защищенности человека, формирование навыков безопасного поведения в повседневной жизни и в экстремальных условиях.

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

В результате изучения дисциплины студент должен овладеть следующими результатами обучения:

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен к формированию собственного жизненно-образовательного маршрута на основе критического мышления, целеполагания, стратегии достижения цели (в том числе в проектном типе деятельности) в условиях создания безопасной среды, с учетом традиционных российских духовно-нравственных ценностей и целей национального развития, в процессе социального взаимодействия	УК.1.15. Оценивает факторы риска и степень потенциальной опасности чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов, умеет обеспечивать личную безопасность и безопасность окружающих в повседневной жизни и в профессиональной деятельности УК.1.16. Применяет методы защиты в чрезвычайных ситуациях, навыки военной подготовки в условиях военных конфликтов в интересах Родины УК.1.17. Формирует культуру безопасного и ответственного поведения.	Знать: - поражающие факторы стихийных бедствий, крупных производственных аварий и катастроф с выходом в атмосферу радиоактивных веществ (РВ) и аварийно-химически опасных веществ (АХОВ), современных средств поражения; - анатомо-физиологические последствия воздействия на человека травмирующих, вредных и опасных производственных факторов; - правовые, нормативно-технические и организационные основы «Безопасности жизнедеятельности»; Уметь: - проводить контроль параметров и уровня негативных воздействий на их соответствие нормативным требованиям; - эффективно применять средства защиты от негативных воздействий; - планировать мероприятия по защите производственного персонала и населения в чрезвычайных ситуациях и при необходимости принимать участие в проведении спасательных и других неотложных работ при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Владеть: - методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций; - методами прогнозирования чрезвычайных ситуаций и предотвращения их негативных последствий; - методами повышения стрессоустойчивости. Способами управления эмоциями в экстремальных ситуациях.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» представляет собой дисциплину обязательной части.

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 обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП 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

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, практикумы, и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

Тематика лекционных занятий

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Введение. Основные понятия, термины и определения.	Цель и содержание дисциплины, ее основные задачи, место и роль в подготовке специалиста. Основные понятия. Понятие опасности. Структура и состав опасности. Процесс идентификации опасности. Различные классификации опасностей. Аксиома о потенциальной опасности деятельности человека. Принципы достижения безопасности. Методы анализа опасности. Количественная характеристика опасности. Риск. Степень риска. Основные виды риска. Индивидуальный риск. Коллективный риск. Технический риск. Экологический риск. Социальный риск. Кривая Фермера. Экономический риск. Потенциальный территориальный риск. Профессиональный риск. Оценка травматизма и профзаболеваний на производстве. Оценка экономических потерь предприятия. Показатель сокращения продолжительности жизни, методика определения. Концепция приемлемого риска и оценка безопасности профессиональной деятельности в РФ. Мотивированный и немотивированный риск. Методы определения риска. Управление риском. Анализ риска. Качественные методы анализа опасностей и риска.
		Проверочный лист. Предварительный анализ опасностей.

		Анализ видов и последствий отказов. Анализ опасности и работоспособности. Анализ ошибок персонала. Причинно-следственный анализ. Анализ «дерева отказов» или «дерева причин». Анализ «дерева событий» или «дерева последствий».
2	Безопасность жизнедеятельности и природная среда. Экологические опасности. Классификация. Источники загрязнения среды обитания.	Экологическая безопасность. Критерии оценки качества окружающей среды, экологическое нормирование. Классификация нормативов качества природной среды. Основные принципы нормирования ОС. Государственные природоохранные органы РФ. Общественные природоохранные организации. Структура и краткая характеристика. Законодательство по охране природной среды РФ. Структура и основные документы. Система государственных стандартов «Охрана природы». Структура и описание. Экологическое законодательство и нормативные документы в области охраны окружающего воздуха. Основная характеристика загрязнителей атмосферного воздуха. Токсическая доза. Виды дозы. Виды ПДК для воздуха. Эффект суммации ПДК. ПДЭН. ВДК (ОБУВ). Определение и краткая характеристика понятий. Основные загрязнители атмосферного воздуха: классификация с ссылкой на ГОСТ; ПДКсс и ПДКмр. Оценка выбросов ЗВ по ЮНЕП. Критерии оценки состояния загрязнения атмосферы. КИЗА. Оценка рассеивающей способности атмосферы. Экологический мониторинг. Цель, ступени и структура. (ЕГСЭМ) РФ. Примеры. Экологическая экспертиза. Законодательная и нормативная база. Принципы экологической экспертизы. Методы экологической экспертизы. Федеральные и региональные уровни. Общественная экологическая экспертиза. Ресурсные критерии оценки состояния поверхностных вод. Экологическое законодательство и нормативные документы в области водопользования, водосбережения и безопасности водных объектов. Нормирование качества воды. Классификация водоемов и ПДК. Методы комплексной оценки загрязненности поверхностных вод. Классы качества вод в зависимости от ИЗВ и индекса сапробности S. Гидрохимический метод комплексной оценки загрязнения вод: K_i H_i, B_i, Z_c. Теория «биогеохимических провинций». Эндемические заболевания. Примеры. Общие и суммарные показатели качества вод, нормативные требования по качеству. Значение водного фактора в распространении острых кишечных инфекций и инвазий. Болезнь легионеров. Санитарно-микробиологическая оценка качества вод. Методы и объекты индикации, их общая характеристика. Показатели санитарно-микробиологической чистоты вод по СанПиН 2.1.4.1074-01. Мероприятия, направленные на сохранение гидроресурсов. Замкнутые водооборотные системы. Кратность использования воды в обороте. Аэробная биохимическая очистка-минерализация. Анаэробная биохимическая очистка. Технология и степень эффективности очистки. Основная характеристика земельных ресурсов. Состав и структура почвы (почвенные фазы и горизонты).
		Минеральный состав почвы. Полидисперсность почвы. Гигиеническое и эпидемиологическое значение почвы. Антагонизм почвенной микрофлоры. Санитарная охрана

		почвы. Коэффициент концентрации химического вещества (Ki). Суммарный показатель загрязнения (Zc). Оценочная шкала опасности загрязнения почв. Утилизация твердых и жидких бытовых отходов как экологический пример.
3	Физиология и безопасность труда, обеспечение комфортных условий жизнедеятельности. Вредные и опасные производственные факторы	Структурно-функциональные системы восприятия и компенсации организмом человека изменений факторов среды обитания. Особенности структурно-функциональной организации человека. Естественные системы человека для защиты от негативных воздействий. Характеристика нервной системы. Условные и безусловные рефлексы. Анализаторы, их строение, функции. Функциональные характеристики и роль во взаимодействии с внешней средой. Вегетативная нервная система, роль в защитных реакциях. Критические периоды в развитии ее отделов и суточном режиме. Безопасность труда. Здоровье, определение. Виды здоровья. Профилактика нарушений состояния здоровья человека. Виды профилактики. Правовые и организационные основы производственной безопасности. Правовые и нормативно-методические документы по безопасности труда. Система государственных стандартов «Охрана труда». Структура и описание. Производственная среда. Классификация вредных и опасных производственных факторов в соответствии с ГОСТом 12.0.003-74. ПДУ вредного или опасного производственного фактора. Категории работ по интенсивности энергозатрат в соответствии с Р 2.2.2006–05. Динамический стереотип как фактор, определяющий функциональные возможности организма. Работоспособность. Определение физической работоспособности при помощи теста PWC170 (Physical working capacity). Общая физическая работоспособность. Относительная работоспособность. Оценка фактического состояния условий труда и классификация условий труда по степени вредности (Р 2.2.2006–05). Динамические и статические нагрузки. Методика расчета. Физиологические изменения в организме при физической и умственной нагрузке. Производственный травматизм. Причины производственного травматизма. Профессиональные заболевания. Острые и хронические профзаболевания, их характеристика и примеры. Аттестация рабочих мест по условиям труда. Рабочая зона. Рабочее место. Условия труда. Тяжесть труда. Напряжённость труда. Методика расчета. Опасные и вредные факторы производственной среды. АПФД. Общая характеристика и классификация АПФД. Аэрозоли дезинтеграции. Аэрозоли конденсации. Действие пыли на организм человека (классификация). Фиброгенность пыли. Нормирование и оценка степени воздействия АПФД. Классификация условий труда при профессиональном контакте с АПФД в соответствии с Р 2.2.2006-05. Принцип защиты временем при воздействии АПФД. Расчет допустимого стажа работы. Наиболее вредные характеристики пыли.
		Воздействие пыли на различные органы и ткани человека. Пневмокониозы. Токсико-пылевой бронхит. Бронхиальная астма. Профилактика пылевых заболеваний. Лечебно-профилактические мероприятия. Санитарно-технические мероприятия. СИЗ.

	УФ-излучение. Характеристика, классификация. Гигиеническое нормирование УФ в соответствии с СН № 4557-88 и МУ № 5046-89. Классификация условий труда по Р 2.2.2006-05. Биологическая оценка ультрафиолетового облучения. Бактерицидный и эритемный поток УФ. Виды доз облученности. Пороговая доза эритемной облученности: разовая и суточная. Биодоза. Производственные источники УФ. Биологическое действие УФ. Профилактические и защитные меры. СИЗ. ИК-излучение. Характеристика, классификация. Биологическое действие. Основой закон термодинамики и расчет радиационных потерь организма. Расчет теплового облучения работающего. Гигиеническое нормирование ИК в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96. Категории работ (классификация по энергозатратам). Классификация условий труда по Р 2.2.2006 – 05. Определение ТНС-индекса и классы условий труда по этому показателю. Принцип защиты временем и нормирование температуры воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин. Нормирование перепадов температур на рабочих местах в зависимости от категорий. СИЗ. Свет. Основные светотехнические характеристики и гигиенические требования по освещенности к рабочему месту. Нормирование освещенности по СНиП 23-05-95 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Классификация условий труда по Р 2.2.2006 – 05. Классы условий труда в зависимости от дополнительных параметров световой среды. Разряды зрительных работ. Расчет естественного и искусственного освещения (метод светового потока). Основные зрительные функции. Механизм образования близорукости. Профилактика миопии. Действие электрического тока на организм человека. Классификация видов тока по действию на человека. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током. Анализ опасности поражения электрическим током в различных электрических сетях (задание). Критерии электробезопасности и нормативные документы. Напряжение шага и прикосновения. Средства защиты, применяемые в электроустановках. Зануление и заземление принципиальная разница двух методов. Организация безопасности эксплуатации электроустановок. Оказание первой медицинской помощи при поражении электрическим током. Шум. Гигиеническая классификация шума. Классификация шума по ГОСТ 12.1.029-80 и ГОСТ 12.1.003-83. Основные характеристики звуковых волн. Уровень громкости звука. Гигиеническое нормирование шума по ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Нормирование постоянного и непостоянного шума. Нормирование шума для
	ориентировочной оценки. Коррекция уровня звукового давления. Доза шума. Оценка источников шума (2 и более) одинаковых и разных по своему уровню. Количественная оценка тяжести и напряженности трудового процесса в зависимости от уровня шума. Классификация условий труда по Р 2.2.2006 – 05. Категории тяжести трудового процесса по

		СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Переход от дБ к разам. Профилактика профзаболеваний. Инфразвук. Гигиеническая классификация и нормирование постоянного и непостоянного инфразвука по СН 2.2.4/2.18.583-96. ПДУ инфразвука. Биологическое действие. Профилактика. Ультразвук. Классификация и гигиеническое нормирование по СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96 и ГОСТ 12.1.001-89. Нормирование контактного ультразвука. Вегетативно-сенсорная полиневропатия. Биологическое действие. Профилактика профессиональных заболеваний. Электромагнитные волны. Источники электромагнитного излучения. Воздействие на организм человека. Нормирование электромагнитных полей. Напряженность ЭП и МП. Тепловой порог. Нормирование и профилактика профзаболеваний. Механические колебания. Виды вибраций и их воздействие на человека. Нормирование вибраций. Вибрационная болезнь. Профилактика. Лазерное излучение. Природа, источники и основные характеристики лазерного излучения, воздействие на организм человека и гигиеническое нормирование. Средства и методы защиты от лазерных излучений. Средства индивидуальной защиты (СИЗ). Безопасность автоматизированных объектов. Системы автоматического контроля. Психологические факторы при работе с информационными системами.
4	Принципы возникновения и классификация ЧС. Оценка, прогноз и мониторинг ЧС в РФ и за рубежом.	Общие сведения о чрезвычайных ситуациях, определение чрезвычайной ситуации, аварии, катастрофы, стихийного бедствия. Понятие аварийной и предаварийной ситуации, экстремальная ситуация, стадии чрезвычайной ситуации, классификация чрезвычайных ситуаций. Государственная концепция обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях, разработка технических и организационных мероприятий, снижающих вероятность реализации поражающего потенциала современных технических систем. Подготовка объекта и обслуживающего персонала, служб МЧС и населения к действиям в условиях ЧС. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций: разработка плана ликвидации последствий ЧС, спасательные и другие неотложные работы в очагах поражения: разведка очага поражения, локализация и тушение пожаров, розыск пострадавших, оказание пострадавшим первой помощи, санитарная обработка людей и техники, обеззараживание местности, неотложные аварийно-спасательные работы, спасательная техника и ее применение, определение материального ущерба, числа жертв и травм. Обучение персонала объекта и населения действиям в чрезвычайных ситуациях, психологическая подготовка персонала и населения
		к ЧС, структура МЧС Российской Федерации и их сил быстрого реагирования. Организация систем мониторинга, цели и задачи мониторинга, виды мониторинга, экологический мониторинг, глобальный, национальный, региональный мониторинг. Организация систем мониторинга в России, общегосударственная сеть наблюдения и контроля.
5	ЧС природного и биолого-	Классификация ЧС по источнику происхождения и масштабу. Классификация природных опасностей. Геологические.

	социального характера. Стихийные бедствия, виды, характеристика, основные повреждающие факторы. Действие человека при данных ЧС.	Гидрологические. Метеорологические. Природные пожары. Инфекции. Наводнение, Половодье. Паводок, последствия. Классификация наводнений по признаку причин и по высоте подъема воды, ущербу и площади затопления. Защита и действие населения при угрозе и во время наводнения. Действия человека, оказавшегося в воде. Ураганы, бури, смерчи, их происхождение и последствия. Меры по обеспечению безопасности населения. Шкала Бофорта. Шкала перевода из баллов в м/с. Землетрясение. Основные параметры землетрясений, их последствия. Очаг, гипоцентр, эпицентр, эпицентральной зона (плейстосейстовая область). Изосейсты. Характеристики землетрясений: Энергия (Е), магнитуда (М), интенсивность (I), глубина гипоцентра (h). Шкала Рихтера. Шкала силы (интенсивности) землетрясений (Шкала MSK -64). Сейсмограммы. Фазы землетрясения, их отличия. Форшоки. Афтершоки. Правила безопасного поведения во время землетрясения. Обвалы, оползни и сели, их происхождение, последствия и предотвращение данных событий. Классификация и профилактические мероприятия. Действия населения при угрозе схода оползней, селей и обвалов. Лесные и торфяные пожары, их последствия и предотвращение. Классификация пожаров. Меры безопасности в зоне лесных и торфяных пожаров. Извержение вулканов. Классификация и основные поражающие факторы. Снежные лавины. Классификация. Действие человека при данных стихийных бедствиях. ЧС биолого-социального характера. Инфекционный процесс. Источник возбудителя инфекции. Эпидемический процесс. Эпидемический очаг инфекции. Эпидемия, пандемия. Старые. Новые и возвращающиеся инфекции, примеры. Механизм, факторы и основные пути передачи и проникновения возбудителя инфекции. Формы взаимодействия инфекционного агента с макроорганизмом. Острые и хронические формы. Реинфекция. Носительство инфекции. Субклиническая форма. Латентная форма. Медленная инфекция. Важнейшие свойства микроорганизмов, способных вызывать инфекционный процесс. Патогенность. Вирулентность. Адгезивность. Инвазивность. Токсигенность. Экзотоксины. Эндотоксины. Естественная классификация инфекционных болезней. Антропонозы и Зоонозы. Восприимчивый организм. Виды иммунитета. Естественный
		(специфический и неспецифический) и приобретенный. Иммунизация населения. Виды искусственного иммунитета.
6	ЧС техногенного характера. Аварии, взрывы, пожары, и др. Основные повреждающие факторы. Действие человека при	ЧС техногенного характера. Классификация. Аварии и катастрофы. Причины возникновения пожара в жилых и общественных зданиях. Меры пожарной безопасности в быту. Пожары и взрывы, их причины и возможные последствия. Горение. Возгорание. Воспламенение. Концентрационные пределы. Методы тушения пожаров. Огнегасительные вещества. Средства пожаротушения. Первичные, стационарные и передвижные. Зоны действия взрыва. Причины взрывов. Действие взрыва на человека (действие

	данных ЧС.	ударной волны). Правила безопасного поведения при пожаре и угрозе взрыва. ХОО. Аварии на ХОО. АХОВ. Физико-химические свойства АХОВ влияющие на характер поражения. Поражающее действие АХОВ и пути проникновения в организм. Классификация. Характеристики действия АХОВ: токсичность, дозы, токсодозы, концентрации. Клиническая классификация АХОВ. Развитие аварии при хранении АХОВ под давлением в виде жидкости. Зона химического заражения. Очаги поражения. Продолжительность заражения. Источники опасности при авариях на ХОО. Химическая обстановка и ее оценка. Задание метеоусловий. Количество АХОВ, обусловившее ЧС. Эквивалентное количество АХОВ. Коэффициенты, используемые при расчете эквивалентного количества АХОВ. Определение эквивалентного количества вещества в первичном облаке. Определение эквивалентного количества вещества во вторичном облаке и времени испарения. Расчет глубины зоны заражения при аварии на ХОО. Определение площади зоны заражения. Определение времени подхода зараженного воздуха к заданному объекту. Определение продолжительности заражения. Защитные мероприятия на химически опасных объектах. Средства индивидуальной защиты. Способы защиты от АХОВ. Медицинская помощь пострадавшим при авариях на ХОО. Свойства аммиака и хлора, учитываемые при оказании первой помощи. Способы и средства ликвидации последствий аварий на ХОО. Радиационная безопасность. Виды и основная характеристика ионизирующих излучений. Корпускулярное и электромагнитное излучение. Источники радиационной опасности, естественные и искусственные. Радиоактивный распад. Изотопы. Радионуклиды. Период полураспада. Эффективный период полураспада. Характеристики радиационного излучения. Активность радионуклидов, виды активности. Доза излучения. Виды доз. Общая характеристика. Мощность доз. Коллективная эффективная эквивалентная доза. Полная коллективная эффективная эквивалентная доза. Понятие «уровень радиации» и «уровень (плотность) загрязнения» радионуклидом. НРБ-99. Категории облучаемых лиц. Нормирование радиационной безопасности в случае радиационной аварии. Пределы доз (ПД). Гигиеническая оценка и классификация условий труда при работе с
		источниками ионизирующего излучения. Максимальные потенциальные эффективные и эквивалентные дозы, их МПД. Допустимая мощность годовой потенциальной дозы (ДМПД). Классификация условий труда по Р 2.2.2006 – 05. Радиационная защита. РОО и зоны безопасности. Международная шкала тяжести событий на АС. Аварии на РОО. Классификация аварий. Радиационная опасность аварии. Состав выброса и воздействие излучений по стадиям аварии (стадии РА). Состав защитных мероприятий при авариях на РОО. Заблаговременные и оперативные мероприятия РЗ. Зонирование территории при авариях на РОО. ЗРА и ЗРК. Типовые режимы радиационной защиты при авариях на АС. Зона радиационного загрязнения на ранней и

		промежуточных стадиях аварии (ЗРА). Зонирование внутри зоны отселения по степеням фактического загрязнения местности. Зонирование на восстановительной стадии аварии РОО. ЗРА и ЗРК. Зонирование ЗРА. Вмешательство и его принципы. Классификация противорадиационных укрытий. Классификация радиопротекторов. Типовые режимы радиационной защиты при авариях АЭС. Эвакуация населения, ее предназначение, порядок проведения мероприятий при эвакуации.
7	ЧС военного времени. Оружие массового поражения. Современная классификация. Действие населения при применении ОМП.	Чрезвычайные ситуации военного времени. Ядерное оружие, его поражающие факторы, зоны разрушения, степени разрушения зданий, сооружений, технических и транспортных средств. Возникновение и развитие пожаров в городах и на объектах экономики. Зоны радиоактивного заражения при наземных ядерных взрывах, воздействие радиации и электромагнитного импульса на технические средства. Возможные поражения людей при ядерном взрыве. Планируемые спасательные и другие неотложные работы в зонах очага ядерного поражения. Химическое оружие. Классификация и токсикологические характеристики отравляющих веществ. Зоны заражения и очаги поражения. Обычные средства поражения, их характеристики, профилактика последствий применения обычных средств поражения. Биологическое оружие. Основные характеристики и защита населения при использовании данного типа оружия МП.
8	Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Структура.	Задачи. ГО РФ и различных государств. МЧС РФ. Эвакуация. Особенности, задачи. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС): задачи и структура. Территориальные подсистемы РСЧС. Функциональные подсистемы РСЧС. Уровни управления и состав органов по уровням. Координирующие органы, органы управления по делам ГО и ЧС, органы повседневного управления. Гражданская оборона, ее место в системе общегосударственных мероприятий гражданской защиты. Структура ГО в РФ. Задачи ГО, руководство ГО, органы управления ГО, силы ГО, гражданские организации ГО. Структура ГО на промышленном объекте. Планирование мероприятий по гражданской обороне на объектах.
		Организация защиты в мирное и военное время, способы защиты, защитные сооружения, их классификация. Оборудование убежищ. Быстровозводимые убежища. Простейшие укрытия. Противорадиационные укрытия. Укрытие в приспособленных и специальных сооружениях. Организация укрытия населения в чрезвычайных ситуациях. Особенности и организация эвакуации из зон чрезвычайных ситуаций. Мероприятия медицинской защиты. Средства индивидуальной защиты и порядок их использования.
9	Управление безопасностью жизнедеятельности. Нормативно-	Вопросы безопасности жизнедеятельности в законах и подзаконных актах. Охрана окружающей среды. Нормативно-техническая документация по охране окружающей среды. Международное сотрудничество по охране окружающей

	техническая документация.	среды. Мониторинг окружающей среды в РФ и за рубежом. Правила контроля состояния окружающей среды. Законодательство о труде. Законодательные акты директивных органов. Подзаконные акты по охране труда. Чрезвычайные ситуации в законах и подзаконных актах. Государственное управление в чрезвычайных ситуациях.
10	Безопасность на транспорте.	Федеральный закон от 10.12.1995 N 196-ФЗ О безопасности дорожного движения. Обучение правилам безопасного поведения на автомобильных дорогах. Классификация видов опасностей на транспорте (наземный, железнодорожный, водный, воздушный транспорт). Причины опасных ситуаций на транспорте. Правила дорожного движения для: пешехода, пассажира, велосипедиста. Распознавание ситуаций криминогенного характера, ситуаций угрозы террористического акта на транспорте. Предупреждение возникновения сложных и опасных ситуаций. Оказание первой помощи (элементы первой помощи) при неотложных состояниях. Вызов экстренной службы. Помощь при дорожно-транспортном происшествии. Назначение правил дорожного движения, история их возникновения и развития. Общие правила движения пешеходов. Правило движения Юлия Цезаря в древнем Риме. Первые правила в России. Первые автомобильные правила во Франции. Международная конвенция по дорожному движению. Первые советские правила дорожного движения. Единые правила дорожного движения на территории СССР. Правила дорожного движения РФ. Ответственность за несоблюдение правил движения. ГИБДД — гарант обеспечения порядка и бесперебойного движения транспорта и пешеходов. Порядок движения пешеходов по улицам и дорогам. Организация движения организованных пеших колонн. Правила перехода улиц и дорог. Организация движения групп детей. Элементы улиц и дорог. Перекрестки и их виды. Правила пользования общественным транспортом. Правила перевозки детей на общественном и личном транспорте. Перевозка детей на грузовом транспорте. Посадка и высадка детей, поведение в транспортном средстве. Где запрещается перевозить детей? Способы регулирования дорожного движения. Назначение сигналов светофора для регулирования движения пешеходов и транспорта. Регулировщик — основной способ регулирования при заторах и неисправностях светофора. Дорожные знаки как один из способов регулирования дорожного движения. Дорожная разметка и ее характеристики. Виды дорожной разметки и ее назначение для регулирования движения транспорта и пешеходов. Горизонтальная разметка. Вертикальная разметка. Тормозной и остановочный путь автомобиля. Время реакции водителя, время реакции тормозов. Формула остановочного и тормозного пути. Зависимость тормозного и остановочного пути от состояния покрытия, тормозных систем, скорости движения и массы транспортного средства. Виды светофоров. Транспортные светофоры. Пешеходные светофоры. Порядок перехода и проезда улиц и дорог по сигналам транспортного и пешеходного светофоров.

		Назначение и виды транспортных средств. Механические и немеханические транспортные средства. Механические транспортные средства в экономике страны. Полуприцепы, прицепы и гужевые повозки. Велосипед и мопед. Специальный транспорт и особенности его движения. Применение специальных сигналов на транспортных средствах. Предупредительные сигналы, подаваемые водителями световыми приборами и рукой. Действия очевидцев дорожно-транспортных происшествий. Назначение и группы дорожных знаков. Предупреждающие знаки и их роль в регулировании движения транспорта и пешеходов, значение знаков приоритета. Запрещающие знаки. Предписывающие знаки и их характеристика. Информационно-указательные знаки и знаки сервиса. Предназначение знаков дополнительной информации (табличек). Причины дорожно-транспортных происшествий. Дорожно-транспортные происшествия: по вине пешеходов, водителей, велосипедистов, состояния дороги и погодных условий. Мероприятия, проводимые по их устранению. Назначение номерных, опознавательных и предупредительных знаков и надписей на транспортных средствах. Меры ответственности пешеходов и водителей за нарушение ПДД. Правила движения для велосипедиста, мотоциклиста. Обязанности водителя. Дополнительные требования к движению велосипедов, мопедов. Оказание первой помощи при дорожно-транспортных происшествиях. Правила перевозки травмированных.
11	Медико-биологические и психологические основы безопасности жизнедеятельности	Оказание первой медицинской помощи утопающему. Искусственная вентиляция легких. Ушиб. Признаки ушиба. Растяжения. Признаки растяжения. Вывих. Признаки. Перелом. Виды переломов. Признаки. Наиболее частые осложнения переломов. Первая медицинская помощь при растяжениях, переломах и вывихах. Имобилизация и средства её достижения. Оказание первой медицинской помощи при термических и химических ожогах. Классификация ожогов. Оценка площади ожога. Ожоговая болезнь. Стадии. Ожоговый шок. Острая ожоговая токсемия, ожоговая септикотоксемия, реконвалесценция. Первая
		медицинская помощь при отравлении СДЯВ и ОВ. Классификация. Действие на организм человека. Первая медицинская помощь. Сердечно-сосудистая недостаточность – обморок, коллапс, шок. Оказание первой медицинской и доврачебной помощи. Кома. Первая медицинская и доврачебная помощь. Виды, классификация, диагностика и оказание первой помощи при кровотечениях. Кровопотеря. Наложение жгута. Раны. Правила и приемы наложения повязок. Первая медицинская помощь при отморожении. Физиологические изменения и признаки отморожения. Классификация поражений. Действие электрического тока на человека. Термическое. Электролитическое. Биологическое. Электрический ожог. Классификация и виды ожогов. Электрические знаки. Электрический удар. Классификация. Возможные пути тока через тело человека. Первая медицинская помощь при поражении электрическим током.

		Первая медицинская помощь при тепловом и солнечном ударах, признаки поражения. Понятие и определения здоровья. Общебиологическое здоровье. Популяционное. Индивидуальное. Факторы, влияющие на здоровье людей. Первичная, вторичная и третичная профилактика нарушений состояния здоровья. Психологическая устойчивость в чрезвычайных ситуациях. Норма психологического здоровья, психология риска, регуляция психологического состояния, психологическое воздействие на людей обстановки чрезвычайной ситуации, идентифицированные личности, психологический портрет, социально-психологические отклонения в чрезвычайных ситуациях, дезадаптированность личности, посттравматические расстройства

6. Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы

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

№ п/п	Наименование темы	Тематика самостоятельных работ
1	Тема № 1. Введение. Основные понятия, термины и определения	Методы определения риска. Управление риском. Анализ риска. Качественные методы анализа опасностей и риска. Причинно-следственный анализ.
2	Тема № 2 Безопасность жизнедеятельности и природная среда. Экологические опасности. Классификация. Источники загрязнения среды обитания	Основная характеристика земельных ресурсов. Состав и структура почвы (почвенные фазы и горизонты). Минеральный состав почвы. Гигиеническое и эпидемиологическое значение почвы. Санитарная охрана почвы. Оценочная шкала опасности загрязнения почв. Утилизация твердых и жидких бытовых отходов как экологический пример.
3	Тема № 3. Физиология и безопасность труда, обеспечение комфортных условий жизнедеятельности.	Структурно-функциональные системы восприятия и компенсации организмом человека изменений факторов среды обитания. Естественные системы человека для защиты от
	Вредные и опасные произв. факторы	негативных воздействий. Характеристика нервной системы. Условные и безусловные рефлексы. Анализаторы, их строение, функции. Вегетативная нервная система, роль в защитных реакциях.
4	Тема № 4. Принципы возникновения и классификация ЧС. Оценка, прогноз и мониторинг ЧС в РФ и за рубежом	Организация систем мониторинга, цели и задачи мониторинга, виды мониторинга, экологический мониторинг, глобальный, национальный, региональный мониторинг. Организация систем мониторинга в России, общегосударственная сеть наблюдения и контроля.
5	Тема № 5. ЧС природного и биолого-социального характера. Стихийные бедствия, виды, характеристика, основные	ЧС биолого-социального характера. Инфекционный процесс. Источник возбудителя инфекции. Эпидемический процесс. Эпидемический очаг инфекции. Эпидемия, пандемия. Старые. Новые и возвращающиеся

	повреждающие факторы. Действие человека при данных ЧС	инфекции, примеры. Механизм, факторы и основные пути передачи и проникновения возбудителя инфекции. Формы взаимодействия инфекционного агента с макроорганизмом.
6	Тема № 6. ЧС техногенного характера. Аварии, взрывы, пожары, и др. Основные повреждающие факторы. Действие человека при данных ЧС	ЧС техногенного характера. Классификация. Аварии и катастрофы. Причины возникновения пожара в жилых и общественных зданиях. Меры пожарной безопасности в быту. Пожары и взрывы, их причины и возможные последствия. Горение. Возгорание. Воспламенение. Концентрационные пределы. Методы тушения пожаров.
7	Тема № 7. ЧС военного времени. Оружие массового поражения. Современная классификация. Действие населения при применении ОМП	Биологическое оружие. Основные характеристики и защита населения при использовании данного типа оружия.
8	Тема № 8. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Структура. Задачи. ГО РФ и различных государств. МЧС РФ. Эвакуация. Особенности, задачи	Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС): задачи и структура. Территориальные подсистемы РСЧС. Функциональные подсистемы РСЧС. Уровни управления и состав органов по уровням.
9	Тема № 9. Управление безопасностью жизнедеятельности. Противодействие терроризму и экстремизму.	Вопросы безопасности жизнедеятельности в законах и подзаконных актах. Охрана окружающей среды. Нормативно-техническая документация по охране окружающей среды. Международное сотрудничество по охране окружающей среды. Мониторинг окружающей среды в РФ и за рубежом. Правила контроля состояния окружающей среды. Законодательство
		о труде. Противодействие терроризму и экстремизму.
10	Тема № 10. Безопасность на транспорте.	Федеральный закон от 10.12.1995 N 196-ФЗ О безопасности дорожного движения. Обучение правилам безопасного поведения на автомобильных дорогах. Классификация видов опасностей на транспорте (наземный, железнодорожный, водный, воздушный транспорт). Причины опасных ситуаций на транспорте. Правила дорожного движения для: пешехода, пассажира, велосипедиста. Распознавание ситуаций криминогенного характера, ситуаций угрозы террористического акта на транспорте. Предупреждение возникновения сложных и опасных ситуаций. Оказание первой помощи (элементы первой помощи) при неотложных состояниях. Вызов экстренной службы. Помощь при дорожно-

		транспортном происшествии.
11	Тема № 10. Медико-биологические и психологические основы безопасности жизнедеятельности	Психологическая устойчивость в чрезвычайных ситуациях. Норма психологического здоровья, психология риска, регуляция психологического состояния, психологическое воздействие на людей обстановки чрезвычайной ситуации, идентификация личности, психологический портрет, социально-психологические отклонения в чрезвычайных ситуациях, дезадаптированность личности, посттравматические расстройства.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий

Чрезвычайные ситуации природного характера	
1	Наводнение. Половодье. Паводок, последствия. Классификация наводнений по признаку причин и по высоте подъема воды, ущерб и площади затопления. Защита и действие населения при угрозе и во время наводнения. Действия человека, оказавшегося в воде.
2	Землетрясения, основные параметры землетрясений, их последствия. Гипоцентр, эпицентр. Магнитуда. Энергия. Интенсивность. Глубина гипоцентра. Шкала MSK-64, шкала Рихтера. Правила безопасного поведения во время землетрясения.
3	Ураганы, бури, смерчи, тайфуны их происхождение и последствия. Меры по обеспечению безопасности населения. Шкала Бофорта. Цунами. Причины возникновения. Характеристика природного явления. Действие человека при данном стихийном бедствии.
4	Извержение вулканов. Снежные лавины. Обвалы, оползни и сели, их происхождение, последствия и предотвращение данных событий. Действия населения.
Чрезвычайные ситуации техногенного характера и защита от них характера	
5	Пожары, их причины и возможные последствия. Основные поражающие факторы. Горение. Возгорание. Воспламенение. Методы тушения пожаров. Классификация средств. Огнетушители. Вещества. Средства пожаротушения. Классификация. Первичные, стационарные и передвижные.
6	Меры пожарной безопасности в быту. Поведение человека в данной ситуации. Первая медицинская и доврачебная помощь. Лесные и торфяные пожары, их последствия и предотвращение. Классификация пожаров. Меры безопасности в зоне лесных и торфяных пожаров.
7	Взрывы и их последствия. Зоны действия взрыва. Действие взрыва на человека (действие ударной волны) и здания. Концентрационные пределы. Правила безопасного поведения при угрозе взрыва. Поведение человека в данной ситуации. Первая медицинская и доврачебная помощь.
8	Химически опасные объекты производства, возможные последствия при авариях на химически опасных объектах, правила поведения. Хронические и острые интоксикации. Первая медицинская и доврачебная помощь при отравлении СДЯВ (сильнодействующими ядовитыми веществами) и ОВ (отравляющими веществами). Поведение человека в данной ситуации.
9	Аварии на радиационно-опасных объектах, возможные последствия облучения людей, ОЛБ (острая лучевая болезнь). Профилактика лучевых поражений. Первая медицинская и доврачебная помощь. Виды ионизирующих излучений, их основные характеристики. Правила поведения при радиационных авариях.
10	Транспортные аварии и их последствия. Безопасное поведение человека. Оказание первой медицинской помощи. Действие пассажиров при аварии на железнодорожном транспорте. Аварийные и опасные ситуации в метрополитене.

	Безопасное поведение человека. Оказание первой медицинской помощи.
11	Опасные и аварийные ситуации на воздушном и водном транспорте. Действие пассажиров. Оказание первой медицинской помощи.
Принципы обеспечения безопасности населения и территорий в ЧС мирного и военного времени	
12	Ядерное оружие, его боевые свойства и поражающие факторы. Классификация поражающих факторов ядерного взрыва и защита от их действия человека. Виды ядерных взрывов. След от радиоактивного облака. Зоны поражения. Средства индивидуальной и коллективной защиты.
13	Химическое оружие. Классификация по характеру токсического действия ОВ. Нервнопаралитические. Кожно-нарывные. Удушающие. Общеядовитые. Психохимические. Раздражающие. Классификация отравляющих веществ в зависимости от характера поражающего действия. Защита. Средства индивидуальной и коллективной защиты.
14	Бактериологическое оружие. Защита от поражающих факторов. Способы применения. Эвакуация населения при ЧС, ее предназначение, порядок проведения мероприятий при эвакуации.
15	Современные и обычные средства поражения и защита от них. Классификация. Осколочные. Фугасные. Кумулятивные. Зажигательные. Объемного взрыва. Высокоточное оружие. Разведывательно-ударные комплексы. Управляемые авиационные бомбы. Средства индивидуальной и коллективной защиты.
16	Организация инженерной защиты населения от поражающих факторов. Виды убежищ. Размещение и правила поведения людей в защитном сооружении. Средства индивидуальной защиты (СИЗ). СИЗ кожи. Медицинские средства индивидуальной защиты. Аптечка индивидуальная АИ-2. Индивидуальные противохимические пакеты. Организация и проведение санитарной обработки людей.
Санитарно-гигиенические и противоэпидемические мероприятия в ЧС	
17	Иммунный статус человека. Органы иммунной системы. Понятия иммунная система и антигены. Вакцины, сыворотки. Иммунодефициты первичные и вторичные. Классификация. ВИЧ-инфекция как модель вторичного иммунодефицита. Профилактика СПИДа. Первая помощь.
18	Заболевания бронхолегочной системы (бронхит, плеврит, пневмония, рак легкого, пневмоторакс, пневмокониозы, эмфизема легких). Наблюдение и уход за больными с заболеваниями органов дыхания.
19	Туберкулез. Классификация. Клиническая характеристика. Вакцина БЦЖ Значение реакции Манту. Наблюдение и уход за больными.
20	Алкоголь и его влияние на физическое и психическое здоровье человека. Профилактика алкогольной зависимости. Курение и его влияние на здоровье курящего и окружающих (пассивное курение). Способы профилактики и отказа от курения.
21	Наркотические вещества и их влияние на физическое и психическое здоровье человека. Профилактика наркотической зависимости.
22	Функциональная анатомия органа зрения. Дальновзоркость и близорукость. Травмы глаза. Первая помощь. Профилактика заболеваний. Функциональная анатомия органа слуха. Основные нарушения. Профилактика.
23	Клинико-эпидемиологическая характеристика группы кишечных инфекций. Холера. Брюшной тиф. Сальмонеллез. Ботулизм. Дизентерия. Полиомиелит. Болезнь Боткина. Профилактика и оказание первой медпомощи.
	Клинико-эпидемиологическая характеристика группы инфекций дыхательных путей. Грипп. Натуральная оспа. Эпидемический менингит. Эпидемический паротит

24	(свинка). Энцефалиты вирусной этиологии. Профилактика и оказание первой медпомощи.
25	Клинико-эпидемиологическая характеристика группы инфекций дыхательных путей. Воспаление легких (пневмония). Ангина. Скарлатина. Дифтерия. Корь. Коклюш. ОРВИ. Профилактика и оказание первой медпомощи.
26	Клинико-эпидемиологическая характеристика группы кровяных инфекций. Сыпной тиф. Клещевой энцефалит, малярия. Профилактика и оказание первой медпомощи.
27	Детские инфекционные болезни. Корь и краснуха. Профилактика и оказание первой медпомощи. Профилактика и оказание первой медпомощи.
28	Клинико-эпидемиологическая характеристика группы инфекций наружных покровов. Бешенство. Столбняк. Сибирская язва. Ящур. Профилактика и оказание первой медпомощи.
Медицинская характеристика состояний, требующих оказания первой медицинской помощи, и методы оказания первой медицинской помощи	
29	Основные заболевания системы крови (анемия, лейкоз, лимфолейкоз, метгемоглобинемия). Первая помощь. Механизмы системы свертывания крови. Гемофилия. Первая помощь.
30	Раны. Виды ран. Повязка. Перевязка. Правила наложения и перевязки. Первая помощь при кровотечениях. Виды кровотечений. Методы остановки кровотечений. Наложение кровоостанавливающего жгута.
31	Сосудистая недостаточность. Обморок. Коллапс. Кома, виды комы. Атеросклероз. Вегетативно-сосудистая дистония. Артериальная гипертензия. Гипертонический криз. Диагностика. Характеристика и первая медицинская помощь при данных ситуациях.
32	Ишемическая болезнь сердца. Инфаркт миокарда. Стенокардия. Аритмия сердца. Диагностика. Ушибы сердца. Диагностика. Первая помощь. Терминальное состояние. Агония. Клиническая и биологическая смерть.
33	Тепловой удар. Солнечный удар. Термические ожоги и ожоговая болезнь. Первая медицинская и доврачебная помощь.
34	Поражение электрическим током. Первая медицинская и доврачебная помощь. Действие электрического тока на человека. Термическое. Электролитическое.
	Биологическое. Электрический ожог. Классификация и виды ожогов. Электрические знаки. Электрический удар. Классификация. Возможные пути тока через тело человека. Первая медицинская помощь при поражении электрическим током.
35	Химические ожоги. Отморожение и общее замерзание. Первая медицинская и доврачебная помощь. Укусы ядовитых змей и насекомых. Первая медицинская и доврачебная помощь.
36	Острые и хронические отравления. Принципы оказания первой медицинской помощи при различных отравлениях.
37	Ушибы, растяжения и разрывы мягких тканей, переломы и вывихи. Первая медицинская и доврачебная помощь. Порядок наложения шины. Первая помощь. Инородные предметы в дыхательных путях. Острая дыхательная недостаточность. Наблюдение и уход за больными с заболеваниями органов дыхания. Оказание первой медицинской помощи при утоплении.
38	Понятие шока. Травматический шок. Фазы и степени шока. Первая медицинская и доврачебная помощь. Синдром длительного сдавливания. Клиническая картина. Первая медицинская и доврачебная помощь. Доврачебная реанимационная помощь. Искусственное дыхание. Непрямой массаж сердца. Методика. Прямой массаж сердца.
Чрезвычайные ситуации (ЧС) социального характера	

39	Массовые беспорядки их сущность и характер проявления. Город как среда повышенной опасности. Толпа, виды толпы. Паника. Массовые погромы. Массовые зрелища и праздники. Безопасность в толпе. Процесс воздействия субъекта социальной ЧС на Россию и ее регионы.
40	Чрезвычайные ситуации (ЧС) криминального характера и защита от них. Кража. Мошенничество. Правила поведения в случаях посягательства на жизнь и здоровье (нападение на улице, приставания пьяного, изнасилование, нападение в автомобиле, опасность во время ночной остановки). Предупреждение криминальных посягательств в отношении детей.
41	Необходимая самооборона в криминальных ситуациях (правовые основы самообороны, основные правила самообороны, средства самозащиты и их использование).
Сущность и содержание информационной безопасности	
42	Формы методы и способы обеспечения информационной безопасности. Основы защиты деловой информации и сведений, составляющих государственную и служебную коммерческую тайны. Методы и средства защиты электронной информации. Информационные технологии и здоровье. Сотовая радиотелефонная связь.
Экономическая безопасность социально-экономических систем	
43	Система обеспечения экономической безопасности личности. Государственная стратегия в сфере обеспечения экономической безопасности личности: сущность и комплекс мер по ее обеспечению. Основные направления обеспечения экономической безопасности личности: кредитование физических лиц, инвестирование, страхование человека и имущества, защита авторских прав, защита прав потребителей.
Биологические опасности	
44	Микроорганизмы. Виды патогенных микробов. Рост и размножение микроорганизмов. Бактериологическое нормирование. Грибы, растения и животные, представляющие опасность для человека.
Техногенные опасности	
45	Ионизирующие излучения (ИИ). Физика радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Биологическое действие ионизирующих излучений. Дозиметрические величины и единицы их измерений. Источники излучения. Измерение ИИ. Нормирование радиационной безопасности. Защита от излучений.
Экологические опасности	
46	Состояние среды обитания. Критерии оценки качества окружающей среды. Экологическое нормирование. Источники экологических опасностей (тяжелые металлы, пестициды, диоксины, соединения серы, фосфора и азота, фреоны). Воздух как фактор среды обитания. Критерии оценки состояния загрязнения атмосферы. Комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА).
47	Вода как фактор среды обитания. Физиологическое и гигиеническое значение воды. Заболевания, связанные с изменением солевого и микроэлементного состояния воды. Вода как путь передачи инфекционных заболеваний. Влияние хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека на свойства природных вод. Показатели качества воды. Нормирование и нормативные акты в области охраны водной среды. Защита воды. Классификация водоемов и ПДК.
48	Государственные и общественные природоохранные организации. Стратегия экологического развития.

49	Почва как фактор среды обитания. Роль почвы в передаче инфекционных заболеваний. Процессы самоочищения почвы. Санитарная охрана почвы.
Органы системы МЧС России в системе органов исполнительной власти	
50	МЧС. Роль, место и задачи «Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (МЧС) в современных условиях. Общая организация МЧС РФ. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Задачи и структура. Территориальные подсистемы РСЧС, уровни управления и состав органов по уровням. Гражданская оборона (ГО), ее место в системе общегосударственных мероприятий гражданской защиты. Структура, состав и задачи ГО РФ. Государственная инспекция по маломерным судам (ГИМС). Главные задачи и структура ГИМС. Государственная противопожарная служба (ГПС). Главные задачи и структура.

На практических занятиях решаются задачи по теме занятия.

Практические занятия проводятся в интерактивной форме или в виде семинаров, где обсуждаются ключевые и наиболее сложные вопросы. Работа на практических занятиях оценивается преподавателем по итогам подготовки и выполнения студентами практических заданий, активности работы в группе и самостоятельной работе.

Пропуск практических занятий предполагает отработку по пропущенным темам (подготовка письменной работы, с ответами на вопросы, выносимые на семинар).

Неотработанный (до начала экзаменационной сессии) пропуск более 50% практических занятий по курсу является основанием для не допуска к итоговой аттестации по дисциплине.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

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, практикумы), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем.

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся 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 модули, разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций (текущий контроль по дисциплине)
Тема № 1. Введение. Основные понятия, термины и определения	УК.1	Опрос, тестирование.
Тема № 2 Безопасность жизнедеятельности и природная среда. Экологические опасности. Классификация. Источники загрязнения среды обитания	УК.1	Опрос, тестирование
Тема № 3. Физиология и безопасность труда, обеспечение комфортных условий жизнедеятельности. Вредные и опасные производ. факторы	УК.1	Опрос, тестирование
Тема № 4. Принципы возникновения и классификация ЧС. Оценка, прогноз и мониторинг ЧС в РФ и за рубежом	УК.1	Опрос, тестирование, реферат
Тема № 5. ЧС природного и биологосоциального характера. Стихийные бедствия, виды, характеристика, основные повреждающие факторы. Действие человека при данных ЧС	УК.1	Опрос, тестирование, защита реферата.
Тема № 6. ЧС техногенного характера. Аварии, взрывы, пожары, и др. Основные повреждающие факторы. Действие человека при данных ЧС	УК.1	Опрос, тестирование, защита реферата.
Тема № 7. ЧС военного времени. Оружие массового поражения. Современная классификация. Действие населения при применении ОМП	УК.1	Опрос, тестирование, защита реферата.
Тема № 8. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Структура. Задачи. ГО РФ и различных государств. МЧС РФ. Эвакуация. Особенности, задачи	УК.1	Опрос, тестирование, защита реферата.
Тема № 9. Управление безопасностью жизнедеятельности. Противодействие терроризму и экстремизму.	УК.1	Опрос, тестирование, защита реферата.

Тема № 10. Безопасность на транспорте.	УК.1	Опрос, тестирование, защита реферата.
Тема № 11. Медико-биологические и психологические основы безопасности жизнедеятельности	УК.1	Опрос, тестирование, защита реферата.

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

Примеры тестовых задания для самоконтроля

Целью тестирования является закрепление, углубление и систематизация знаний студентов, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы; проведение тестирования позволяет ускорить контроль за усвоением знаний и объективизировать процедуру оценки знаний студента.

Тема № 1. Введение. Основные понятия, термины и определения

1. Интегральным показателем безопасности жизнедеятельности является...
 - 1) смертность людей;
 - 2) продолжительность жизни человека;
 - 3) уровень жизни человека;
 - 4) здоровье людей.
2. Безопасность - это
 - 1) состояние деятельности, при котором с определённой вероятностью исключено проявление опасности;
 - 2) присутствие чрезмерной опасности;
 - 3) защищённость человека от социальных опасностей;
 - 4) отсутствие военных действий.

Тема № 2 Безопасность жизнедеятельности и природная среда. Экологические опасности. Классификация. Источники загрязнения среды обитания

1. Потенциальной опасностью называется возможность воздействия на человека _____ факторов.
 - 1) личностных
 - 2) производственных
 - 3) неблагоприятных или несовместимых с жизнью
 - 4) социальных
2. К непрогнозируемым внезапным относятся чрезвычайные ситуации _____ характера.
 - 1) политического;
 - 2) природного, техногенного;
 - 3) социального, экологического;
 - 4) индивидуального.

Тема № 3. Физиология и безопасность труда, обеспечение комфортных условий жизнедеятельности. Вредные и опасные произв. факторы

1. Вредный фактор – это фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях вызывает:

- 1) смерть;
 - 2) нарушения самочувствия;
 - 3) травму;
 - 4) снижение работоспособности или заболевание.
2. Вероятность реализации опасностей называется:
- 1) аварией;
 - 2) риском;
 - 3) катастрофой;
 - 4) ущербом.

Тема № 4. Принципы возникновения и классификация ЧС. Оценка, прогноз и мониторинг ЧС в РФ и за рубежом

1. Безопасность жизнедеятельности – это...
 - 1) состояние защищённости национальных интересов;
 - 2) область научных знаний, изучающая опасности и способы защиты от них человека в любых условиях его обитания;
 - 3) этапы развития человека;
 - 4) расширения техносферы.
2. Опасность – это..
 - 1) любые явления, процессы, объекты, угрожающие жизни и здоровью человека;
 - 2) исключение нежелательных последствий;
 - 3) неотъемлемая отличительная черта деятельности человека;
 - 4) любые явления, вызывающие положительные эмоции.

Тема № 5. ЧС природного и биолого-социального характера. Стихийные бедствия, виды, характеристика, основные повреждающие факторы. Действие человека при данных ЧС

1. Наука, изучающая землетрясения, называется ...
 - 1) Топографией;
 - 2) Сейсмологией;
 - 3) Гидрологией;
 - 4) Геологией.
2. Ветер большой разрушительной силы, значительной продолжительности скоростью 32 м/с называется ...
 - 1) Ураганом;
 - 2) Вихрем;
 - 3) Торнадо;
 - 4) Смерчем.

Тема № 6. ЧС техногенного характера. Аварии, взрывы, пожары, и др. Основные повреждающие факторы. Действие человека при данных ЧС

1. Неконтролируемый, стихийно развивающийся процесс горения, сопровождающийся уничтожением материальных ценностей и создающий опасность для жизни людей, называется ...
 - 1) Вспышкой;
 - 2) Возгоранием;
 - 3) Пожаром;
 - 4) Огнем.
2. Вещества и смеси, поражающие высокой температурой, относятся к _____ оружию.
 - 1) химическому;
 - 2) биологическому;

- 3) инфразвуковому;
- 4) зажигательному.

Тема № 7. ЧС военного времени. Оружие массового поражения. Современная классификация. Действие населения при применении ОМП

1. В случае возникновения ЧС в школе учитель, в первую очередь, обязан ...
 - 1) ожидать дальнейших указаний;
 - 2) эвакуировать учащихся;
 - 3) собрать ценные документы и вещи;
 - 4) укрыться в защитном сооружении.
2. Опасность определенного вида для отдельного индивидуума характеризует риск:
 - 1) социальный;
 - 2) инженерный;
 - 3) индивидуальный;
 - 4) модельный.

Тема № 8. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

Структура. Задачи. ГО РФ и различных государств. МЧС РФ. Эвакуация.

Особенности, задачи

1. Катастрофа – это:
 - 1) крупная авария с большим материальным ущербом;
 - 2) авария с материальным ущербом и человеческими жертвами;
 - 3) авария с человеческими жертвами;
 - 4) внезапное событие, которое возникло в результате действий человека или опасного природного явления...
2. В дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» важнейшими понятиями являются:
 - 1) среда обитания;
 - 2) деятельность;
 - 3) опасность и безопасность;
 - 4) экология.

Тема № 9. Терроризм как реальная угроза безопасности в современном обществе

1. Правила поведения, которых следует придерживаться при захвате террористами:
 - 1) выполнять команды террористов, не пытаться встать, покинуть свое место
 - 2) не выполнять команды террористов, пытаться встать, покинуть свое место
 - 3) злить террористов, впадать в истерику, кричать, звать на помощь
2. Совершение действий, создающих опасность гибели людей, причинения значительного имущественного ущерба либо наступления иных общественно опасных последствий, а также угроза совершения указанных действий в тех же целях называется ...
 - 1) терроризмом;
 - 2) бандитизмом;
 - 3) экстремизмом;
 - 4) преступной акцией.

Тема № 10.

1. Как должен поступить пешеход, стоящий у края проезжей части, при приближении транспортного средства с включенным проблесковым маячком и специальным звуковым сигналом?
 - 1) Как можно скорее перейти проезжую часть.
 - 2) Воздержаться от перехода проезжей части.
 - 3) Действовать по ситуации.

2. Как должны двигаться лица, ведущие мотоцикл, мо-пед или велосипед, за пределами населенного пункта?

1) По краю проезжей части навстречу движению транспортных средств.

2) По краю проезжей части по ходу движения транспортных средств.

3) По тротуару.

Тема № 11. Медико-биологические и психологические основы безопасности жизнедеятельности

1. Утомление – это...

1) напряжение, связанное с временным снижением работоспособности, вызванное длительной работой;

2) расстройство сенсорной области;

3) Профессиональное заболевание.

2. Здоровье – это...

1) полное физическое, психическое и социальное благополучие, а не только отсутствие болезней или физических дефектов;

2) главная функция живой материи;

3) отражение психических функций человека;

4) наука, изучающая строение тела человека.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы для промежуточного контроля (зачета)

1. Предмет БЖД. Понятия: интегральный показатель БЖД, техносфера, среда безопасности, вредные и опасные факторы.

2. «Аксиома о потенциальной опасности», концепция приемлемого риска, экстремальная ситуация, безопасность труда.

3. Понятие терминов: техника безопасности, охрана труда, производственная санитария, естественные и антропогенные негативные факторы.

4. Понятия физических, химических, биологических и психофизических опасных и вредных факторов.

5. Принципы нормирования опасных и вредных факторов. Понятия ПДК, ДОК, ПДУ, ОБУВ, ПДВ, ПДС.

6. Биологически активные элементы. Макро-, микро- и следовые элементы. Биогеохимические провинции.

7. Источники антропогенных химических факторов.

8. Пути поступления вредных веществ в организм.

9. Комбинированное действие вредных веществ на организм. Формула А.А. Аверьянова.

10. Источники и уровни различных видов опасностей естественного, антропогенного и техногенного происхождения, их эволюция. Классификация опасностей и негативных факторов; травмирующие и вредные зоны.

11. Вероятность (риск) и уровни воздействия негативных факторов. Критерии безопасности. Интегративный характер безопасности. Опасность и риск. Способы определения степени риска. Индивидуальный риск. Концепция приемлемого риска.

12. Причины техногенных аварий и катастроф. Взрывы, пожары и другие чрезвычайные негативные воздействия на человека и среду обитания.

13. Негативное воздействие вредных веществ на среду обитания. Допустимые уровни воздействия вредных веществ на гидросферу, почву, животных и растительность, конструкционные и строительные материалы.

14. Ядерное оружие, его боевые свойства и поражающие факторы.

15. Химическое оружие. Виды отравляющих веществ. Защита от поражающих факторов.

16. Бактериологическое оружие. Защита от поражающих факторов. Современные обычные средства поражения и защита от них.

17. Ионизирующее излучение и его действие на организм. Лучевая болезнь. Нормы радиационной безопасности. Защита от ионизирующих излучений. Защитные свойства материалов. Радиационный (дозиметрический) контроль, его цели и виды. Дозиметрические приборы, их использование. Определение возможных доз облучения, получаемых людьми за время пребывания на загрязненной местности и при преодолении зон загрязнения; определение допустимого времени пребывания людей в зонах загрязнения.

18. Химически опасные объекты (ХОО), их группы и классы опасности. Основные способы хранения и транспортировки химически опасных веществ. Общие меры профилактики аварий на ХОО. Химический контроль и химическая защита. Способы защиты производственного персонала, населения и территорий от химически опасных веществ. Приборы химического контроля. Средства индивидуальной защиты, медицинские средства защиты.

19. Классификация пожаров и промышленных объектов по пожароопасности. Тушение пожаров, принципы прекращения горения. Огнетушащие вещества, технические средства пожаротушения.

20. Пожаро- и взрывоопасные объекты. Классификация взрывчатых веществ. Газовоздушные и пылевоздушные смеси.

21. Ударная волна и ее параметры. Особенности ее прямого и косвенного воздействия на человека, сооружения, технику, природную среду. Особенности ударной волны ядерного взрыва, при взрыве конденсированных взрывчатых веществ, газовоздушных смесей.

22. Ядерный взрыв. Факторы поражения ядерного взрыва. Защита.

23. Транспортные аварии и их последствия.

24. Гидродинамические аварии и их последствия. Защита и действие населения.

25. Характеристики и области возникновения опасных природных процессов: землетрясений, извержений вулканов, магнитных бурь, циклонов и антициклонов, тайфунов, смерчей, ураганов, цунами, оползней, селей, обвалов, осыпей, лавин, пыльных бурь, наводнений, лесных и степных пожаров, ураганов и эпидемий, эпизоотий, эпифитотий, массовых распространений вредителей лесного и сельского хозяйства. Особенности процессов развития стихийных явлений, их воздействие на население, объекты экономики и среды обитания.

26. Безопасность жизнедеятельности и окружающая природная среда. Источники загрязнения среды обитания. Источники загрязнения, виды и состав загрязнений, интенсивность их образования в основных технологических процессах современной промышленности

27. Характеристики основных газообразных загрязняющих веществ и механизм их образования - соединения серы, азота, углерода, высокотоксичные соединения; характеристики аэрозольных загрязнений.

28. Антропогенное воздействие на недра и почвы; методы и средства снижения техногенного воздействия на ландшафт и почву; охрана растительных ресурсов; загрязнение окружающей среды при авариях; экологический риск; малоотходные технологии и ресурсосберегающие технологии.

29. Допустимое воздействие вредных факторов на человека и среду обитания. Принципы определения допустимых воздействий вредных факторов.

30. Вредные вещества, классификация, агрегатное состояние, пути поступления в организм человека, распределение и превращение вредного вещества, действие вредных веществ и чувствительность к ним.

31. Хронические отравления, профессиональные и бытовые заболевания при действии токсинов.

32. Механические колебания. Виды вибраций и их воздействие на человека. Нормирование вибраций, вибрационная болезнь.
33. Функциональная анатомия органа зрения. Дальновзоркость и близорукость. Травмы глаза. Первая помощь. Профилактика заболеваний. Освещение. Требования к системам освещения. Естественное и искусственное освещение. Светильники, источники света.
34. Функциональная анатомия органа слуха. Основные нарушения. Профилактика.
35. Акустические колебания. Постоянный и непостоянный шум. Действие шума на человека. Аудиометрия.
36. Инфразвук, возможные уровни. Нормирование акустического воздействия. Профессиональные заболевания. Профилактика.
37. Ультразвук, контактное и акустическое действие ультразвука. Нормирование акустического воздействия.
38. Профессиональные заболевания от воздействия шума, инфразвука и ультразвука. Опасность их совместного воздействия.
39. Электромагнитные поля. Воздействие на человека статических электрических и магнитных полей, электромагнитных полей промышленной частоты, электромагнитных полей радиочастот.
40. Воздействие УКВ и СВЧ излучений на органы зрения, кожный покров, центральную нервную систему, состав крови и состояние эндокринной системы. Воздействие на организм электромагнитного излучения оптического диапазона.
41. Источники негативных факторов бытовой среды.
42. Атмосферное давление и его влияние на организм.
43. Микроклимат и комфортные условия жизнедеятельности. Терморегуляция и теплопродукция.
44. Организация укрытия населения в чрезвычайных ситуациях. Особенности и организация эвакуации из зон чрезвычайных ситуаций.
45. Мероприятия медицинской защиты. Средства индивидуальной защиты и порядок их использования.
46. Оборудование убежищ. Быстровозводимые убежища. Простейшие укрытия. Противорадиационные укрытия. Укрытие в приспособленных и специальных сооружениях.
47. Терроризм как реальная угроза безопасности в современном обществе. Причины терроризма. Социально-психологические характеристики террориста. Борьба с терроризмом. Взрыв как средство террора. Правила поведения для заложников.
48. Иммунный статус человека. Органы иммунной системы. Понятия иммунная система и антигены. Вакцины, сыворотки. Иммунодефициты первичные и вторичные. Классификация. ВИЧ-инфекция как модель вторичного иммунодефицита. Профилактика СПИДа. Первая помощь.
49. Заболевания бронхолегочной системы (бронхит, плеврит, пневмония, рак легкого, пневмоторакс, пневмокониозы, эмфизема легких). Наблюдение и уход за больными с заболеваниями органов дыхания.
50. Туберкулез. Классификация. Клиническая характеристика. Вакцина БЦЖ Значение реакции Манту. Наблюдение и уход за больными.
51. Алкоголь и его влияние на физическое и психическое здоровье человека. Профилактика алкогольной зависимости.
52. Курение и его влияние на здоровье курящего и окружающих (пассивное курение). Способы профилактики и отказа от курения.
53. Наркотические вещества и их влияние на физическое и психическое здоровье человека. Профилактика наркотической зависимости.
54. Клинико-эпидемиологическая характеристика группы кишечных инфекций. Холера. Брюшной тиф. Сальмонеллез. Ботулизм. Дизентерия. Полиомиелит. Болезнь Боткина. Профилактика и оказание первой медпомощи.
55. Клинико-эпидемиологическая характеристика группы инфекций дыхательных путей. Грипп. Натуральная оспа. Эпидемический менингит. Эпидемический паротит

(свинка). Энцефалиты вирусной этиологии. Воспаление легких (пневмония). Ангина. Скарлатина. Дифтерия. Корь. Коклюш. ОРВИ. Профилактика и оказание первой медпомощи.

56. Клинико-эпидемиологическая характеристика группы кровяных инфекций. Сыпной тиф. Клещевой энцефалит, малярия. Профилактика и оказание первой медпомощи.

57. Детские инфекционные болезни. Корь и краснуха. Профилактика и оказание первой медпомощи. Профилактика и оказание первой медпомощи.

58. Клинико-эпидемиологическая характеристика группы инфекций наружных покровов. Бешенство. Столбняк. Сибирская язва. Ящур. Профилактика и оказание первой медпомощи.

59. Основные заболевания системы крови (анемия, лейкоз, лимфолейкоз, метгемоглобинемия). Первая помощь.

60. Механизмы системы свертывания крови. Гемофилия. Первая помощь.

61. Раны. Виды ран. Повязка. Перевязка. Правила наложения и перевязки. Первая помощь при кровотечениях. Виды кровотечений. Методы остановки кровотечений. Наложение кровоостанавливающего жгута.

62. Сосудистая недостаточность. Обморок. Коллапс. Кома, виды комы. Атеросклероз. Вегетативно-сосудистая дистония. Артериальная гипертензия. Гипертонический криз. Диагностика. Понятие шока. Фазы шока. Характеристика и первая медицинская помощь при данных ситуациях.

63. Ишемическая болезнь сердца. Инфаркт миокарда. Стенокардия. Аритмия сердца. Диагностика. Ушибы сердца. Диагностика. Первая помощь. Терминальное состояние. Агония. Клиническая и биологическая смерть.

64. Тепловой удар. Солнечный удар. Термические ожоги и ожоговая болезнь. Первая медицинская и доврачебная помощь.

65. Травматический шок. Фазы и степени шока. Первая медицинская и доврачебная помощь.

66. Синдром длительного сдавливания. Клиническая картина. Первая медицинская и доврачебная помощь.

67. Поражение электрическим током. Электрический удар. Возможные пути тока через тело человека. Первая медицинская и доврачебная помощь. Действие электрического тока на человека. Термическое. Электролитическое. Биологическое. Электрический ожог. Электрические знаки. Первая медицинская помощь при поражении электрическим током.

68. Химические ожоги. Отморожение и общее замерзание. Первая медицинская и доврачебная помощь.

69. Укусы ядовитых змей и насекомых. Первая медицинская и доврачебная помощь.

70. Острые и хронические отравления. Принципы оказания первой медицинской помощи при различных отравлениях.

71. Ушибы, растяжения и разрывы мягких тканей, переломы и вывихи. Первая медицинская и доврачебная помощь. Порядок наложения шины. Первая помощь.

72. Реанимация. Искусственное дыхание. Инородные предметы в дыхательных путях. Острая дыхательная недостаточность. Наблюдение и уход за больными с заболеваниями органов дыхания. Оказание первой медицинской помощи при утоплении.

73. Доврачебная реанимационная помощь. Непрямой массаж сердца. Методика. Прямой массаж сердца.

74. Массовые беспорядки их сущность и характер проявления. Город как среда повышенной опасности. Толпа, виды толпы. Паника. Массовые погромы. Массовые зрелища и праздники. Безопасность в толпе. Процесс воздействия субъекта социальной ЧС на Россию и ее регионы.

75. Чрезвычайные ситуации (ЧС) криминального характера и защита от них. Кража. Мошенничество. Правила поведения в случаях посягательства на жизнь и здоровье (нападение на улице, приставания пьяного, изнасилование, нападение в автомобиле, опасность во время ночной остановки). Предупреждение криминальных посягательств в

отношении детей. Необходимая самооборона в криминальных ситуациях (правовые основы самообороны, основные правила самообороны, средства самозащиты и их использование).

76. Сущность и содержание информационной безопасности. Формы методы и способы обеспечения информационной безопасности. Основы защиты деловой информации и сведений, составляющих государственную и служебную коммерческую тайны. Методы и средства защиты электронной информации. Информационные технологии и здоровье. Сотовая радиотелефонная связь.

77. Биологические опасности. Микроорганизмы. Виды патогенных микробов. Рост и размножение микроорганизмов. Бактериологическое нормирование. Грибы, растения и животные, представляющие опасность для человека.

78. Состояние среды обитания. Критерии оценки качества окружающей среды. Экологическое нормирование. Источники экологических опасностей (тяжелые металлы, пестициды, диоксины, соединения серы, фосфора и азота, фреоны). Воздух как фактор среды обитания. Критерии оценки состояния загрязнения атмосферы. Комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА).

79. Вода как фактор среды обитания. Физиологическое и гигиеническое значение воды. Заболевания, связанные с изменением солевого и микроэлементного состояния воды. Вода как путь передачи инфекционных заболеваний. Влияние хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека и свойства природных вод. Показатели качества воды. Нормирование и нормативные акты в области охраны водной среды. Защита воды. Классификация водоемов и ПДК.

80. Государственные и общественные природоохранные организации.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательно е описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльн ая шкала (академичес кая) оценка	Двухбал льная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинг овая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> 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 профессиональ ной деятельности, нежели по	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических	хорошо		71-85
	образцу	источников и			

	с большей степени самостоятельности и инициативы	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. Халилов, Ш. А. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / Ш.А. Халилов, А.Н. Маликов, В.П. Гневанов ; под ред. Ш.А. Халилова. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. — 576 с. — (Высшее образование). [Электронный ресурс]. Имеются экземпляры в отделах: ЭБС «Znanium».

2. Сычев, Ю. Н. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / Ю.Н. Сычев. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 204 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [Электронный ресурс]. Имеются экземпляры в отделах: ЭБС «Znanium».

Дополнительная литература:

1. Мельников, В. П. Безопасность жизнедеятельности: учебник / В. П. Мельников. — Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2022. — 400 с. - [Электронный ресурс]. Имеются экземпляры в отделах: ЭБС «Znanium».

2. Безопасность жизнедеятельности: учебник для бакалавров / Э. А. Арустамов, А. Е. Волощенко, Н. В. Косолапова [и др.]; под ред. проф. Э. А. Арустамова. — 22-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2020. — 446 с. - [Электронный ресурс]. Имеются экземпляры в отделах: ЭБС «Znanium».

3. Холостова, Е. И. Безопасность жизнедеятельности / Холостова Е.И., Прохорова О.Г. - Москва: Дашков и К, 2017. - 456 с. -ISBN 978-5-394-02026-1. - [Электронный ресурс]. Имеются экземпляры в отделах: ЭБС «Znanium».

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

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
- Гребенников Электронная библиотека ИД журналы
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС

- ЭБС ZNANIUM.COM
- РГБ Информационное обслуживание по МБА
- БЕН РАН
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)
- Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru/>

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – <https://lms.kantiana.ru/>, 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 обучающихся 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 групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской, персональными компьютерами с выходом в сеть «Интернет».

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

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

1. Наименование дисциплины: «Основы военной подготовки»

Цель дисциплины: формирование знаний, умений и навыков, необходимых для становления обучающихся образовательных организаций высшего образования (далее - вуз) в качестве граждан способных и готовых к выполнению воинского долга и обязанности по защите своей Родины в соответствии с законодательством Российской Федерации.

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 собственного жизненно-образовательного маршрута на основе критического мышления, целеполагания, стратегии достижения цели (в том числе в проектом типе деятельности) в условиях создания безопасной среды, с учетом традиционных российских духовно-нравственных ценностей и целей национального развития, в процессе социального взаимодействия (для программ по СУОС)	УК.1.15. Оценивает факторы риска и степень потенциальной опасности чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов, умеет обеспечивать личную безопасность и безопасность окружающих в повседневной жизни и в профессиональной деятельности УК.1.16. Применяет методы защиты в чрезвычайных ситуациях, навыки военной подготовки в условиях военных конфликтов в интересах Родины УК.1.17. Формирует культуру безопасного и ответственного поведения. (для программ по СУОС)	Знать: – основные положения общевоинских уставов ВС РФ; – организацию внутреннего порядка в подразделении; – основные положения Курса стрельб из стрелкового оружия; – устройство стрелкового оружия, боеприпасов и ручных гранат. – предназначение, задачи и организационно-штатную структуру общевойсковых подразделений (мотострелкового отделения, взвода, роты); – основные факторы, определяющие характер, организацию и способы ведения современного общевойскового боя; – общие сведения о ядерном, химическом и биологическом оружии, средствах его применения; – правила поведения и меры профилактики в условиях заражения радиоактивными, отравляющими веществами и бактериальными средствами; – тактические свойства местности, их влияние на действия подразделений в боевой обстановке; – назначение, номенклатуру и условные знаки топографических карт; – основные способы и средства оказания первой медицинской помощи при ранениях и травмах; – тенденции и особенности развития современных международных отношений, место и роль России в многополярном мире, основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны; – основные положения Военной доктрины РФ; – правовое положение и порядок прохождения военной службы. Уметь:
Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине

		– правильно применять и выполнять положения общевоинских уставов ВС РФ; – осуществлять разборку и сборку автомата (АК-74) и пистолета (ПМ), подготовку к боевому применению ручных гранат; – оборудовать позицию для стрельбы из стрелкового оружия; – выполнять мероприятия радиационной, химической и биологической защиты; – читать топографические карты различной номенклатуры; – давать оценку международным военно-политическим и внутренним событиям и фактам с позиции патриота своего Отечества; – применять положения нормативно-правовых актов. Владеть: – строевыми приемами на месте и в движении; – навыками управления строями взвода; – первичными навыками стрельбы из стрелкового оружия; – первичными навыками подготовки к ведению общевойскового боя; – навыками применения индивидуальных средств РХБ защиты; – первичными навыками ориентирования на местности по карте и без карты; – навыками применения индивидуальных средств медицинской защиты и подручных средств для оказания первой медицинской помощи при ранениях и травмах; – навыками работы с нормативно-правовыми документами.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы военной подготовки» представляет собой дисциплину обязательной части.

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 по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/ групповые занятия/ практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период промежуточной 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, преподавателю определена тематика занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции групповые и практические занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем 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, однако объем учебного материала в значительной части осваивается студентами в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам студентов по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1	Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации	Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации, их основные требования и содержание. Структура, требования и основное содержание общевоинских уставов. Права военнослужащих. Общие обязанности военнослужащих. Воинские звания. Единоначалие. Начальники и подчиненные. Старшие и младшие. Приказ и приказание. Порядок отдачи и выполнение приказа. Воинская вежливость и воинская дисциплина военнослужащих. Внутренний порядок и суточный наряд. Размещение военнослужащих. Распределение времени и внутренний порядок. Суточный наряд роты, его предназначение, состав. Дневальный, дежурный по роте. Развод суточного наряда. Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы. Обязанности разводящего, часового.
2	Строевая подготовка	Строевые приемы и движение без оружия. Строй и его элементы. Виды строя. Сигналы для управления строем. Команды и порядок их подачи. Обязанности командиров, военнослужащих перед построением и в строю. Строевой расчет. Строевая стойка. Выполнение команд: «Становись», «Равняйся», «Смирно», «Вольно», «Заправиться». Повороты на месте. Строевой шаг. Движение строевым шагом. Движение строевым шагом в составе подразделения. Повороты в движении. Движение в составе взвода. Управление подразделением в движении.
3	Огневая подготовка из стрелкового оружия	Основы, приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия. Требования безопасности при обращении со стрелковым оружием. Требования безопасности при проведении занятий по огневой подготовке. Приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия. Назначение, боевые свойства, материальная часть и применение стрелкового оружия, ручных противотанковых гранатометов и ручных гранат. Назначение, состав, боевые свойства и порядок сборки разборки АК-74 и РПК-74. Назначение, состав, боевые свойства и порядок сборки разборки пистолета ПМ. Назначение, состав, боевые свойства РПГ-7. Назначение, боевые свойства и материальная часть ручных гранат. Сборка разборка

		пистолета ПМ и подготовка его к боевому применению.
№	Наименование раздела	Содержание раздела
		Сборка разборка АК-74, РПК-74 и подготовка их к боевому применению. Снаряжение магазинов и подготовка ручных гранат к боевому применению. Выполнение упражнений учебных стрельб из стрелкового оружия. Требования безопасности при организации и проведении стрельб из стрелкового оружия. Порядок выполнения упражнения учебных стрельб. Меры безопасности при проведении стрельб и проверка усвоения знаний и мер безопасности при обращении со стрелковым оружием. Выполнение норматива №1 курса стрельб из стрелкового оружия
4	Основы тактики общевойсковых подразделений	Вооруженные Силы Российской Федерации их состав и задачи. Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ. Назначение, структура мотострелковых и танковых подразделений сухопутных войск, их задачи в бою. Боевое предназначение входящих в них подразделений. Тактико-технические характеристики основных образцов вооружения и техники ВС РФ. Основы общевойскового боя. Сущность современного общевойскового боя, его характеристики и виды. Способы ведения современного общевойскового боя и средства вооруженной борьбы. Основы инженерного обеспечения. Цели и основные задачи инженерного обеспечения частей и подразделений. Назначение, классификация инженерных боеприпасов, инженерных заграждений и их характеристики. Полевые фортификационные сооружения: окоп, траншея, ход сообщения, укрытия, убежища. Организация воинских частей и подразделений, вооружение, боевая техника вероятного противника. Организация, вооружение, боевая техника подразделений мпб и тб армии США. Организация, вооружение, боевая техника подразделений мпб и тб армии Германии.
5	Радиационная, химическая и биологическая защита	Ядерное, химическое, биологическое, зажигательное оружие. Ядерное оружие. Средства их применения. Поражающие факторы ядерного взрыва и их воздействие на организм человека, вооружение, технику и фортификационные сооружения. Химическое оружие. Отравляющие вещества (ОВ), их назначение, классификация и воздействие на организм человека. Боевые состояния, средства применения, признаки применения ОВ, их стойкость на местности. Биологическое оружие. Основные виды и поражающее действие. Средства применения, внешние признаки применения. Зажигательное оружие. Поражающие действия зажигательного оружия на личный состав, вооружение и военную технику, средства и способы защиты от него. Радиационная, химическая и биологическая защита. Цель, задачи и мероприятия РХБ защиты. Мероприятия специальной обработки: дегазация,

		дезактивация, дезинфекция, санитарная обработка. Цели и порядок проведения частичной и полной специальной
№	Наименование раздела	Содержание раздела
		обработки. Технические средства и приборы радиационной, химической и биологической защиты. Средства индивидуальной защиты и порядок их использования. Подгонка и техническая проверка средств индивидуальной защиты.
6	Военная топография	Местность как элемент боевой обстановки. Измерения и ориентирование на местности без карты, движение по азимутам. Способы ориентирования на местности без карты. Способы измерения расстояний. Движение по азимутам. Топографические карты и их чтение, подготовка к работе. Определение координат объектов и целеуказания по карте. Геометрическая сущность, классификация и назначение топографических карт. Определение географических и прямоугольных координат объектов по карте. Целеуказание по карте.
7	Основы медицинского обеспечения	Медицинское обеспечение войск (сил), первая медицинская помощь при ранениях, травмах и особых случаях. Медицинское обеспечение - как вид всестороннего обеспечения войск. Обязанности и оснащение должностных лиц медицинской службы тактического звена в бою. Общие правила оказания самопомощи и взаимопомощи. Первая помощь при ранениях и травмах. Первая помощь при поражении отравляющими веществами, бактериологическими средствами. Содержание мероприятия доврачебной помощи.
8	Военно-политическая подготовка	Россия в современном мире. Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны. Новые тенденции и особенности развития современных международных отношений. Место и роль России в многополярном мире. Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития Российской Федерации. Цели, задачи, направления и формы военно-политической работы в подразделении, требования руководящих документов.
9	Правовая подготовка	Военная доктрина Российской Федерации. Законодательство Российской Федерации о прохождении военной службы. Основные положения Военной доктрины Российской Федерации. Правовая основа воинской обязанности и военной службы. Понятие военной службы, ее виды и их характеристики. Обязанности граждан по воинскому учету.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Тема 1. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации, их основные требования и содержание.

- Тема 2. Внутренний порядок и суточный наряд.
- Тема 3. Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы.
- Тема 4. Строевые приемы и движение без оружия.
- Тема 5. Основы, приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия.
- Тема 6. Назначение, боевые свойства, материальная часть и применение стрелкового оружия, ручных противотанковых гранатометов и ручных гранат.
- Тема 7. Выполнение упражнений учебных стрельб из стрелкового оружия.
- Тема 8. Вооруженные Силы Российской Федерации их состав и задачи. Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ.
- Тема 9. Основы общевойскового боя.
- Тема 10. Основы инженерного обеспечения.
- Тема 11. Организация воинских частей и подразделений, вооружение, боевая техника вероятного противника.
- Тема 12. Ядерное, химическое, биологическое, зажигательное оружие.
- Тема 13. Радиационная, химическая и биологическая защита.
- Тема 14. Местность как элемент боевой обстановки. Измерения и ориентирование на местности без карты, движение по азимутам.
- Тема 15. Топографические карты и их чтение, подготовка к работе.
- Тема 16. Медицинское обеспечение войск (сил), первая медицинская помощь при ранениях, травмах и особых случаях.
- Тема 17. Россия в современном мире. Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны.
- Тема 18. Военная доктрина Российской Федерации. Законодательство Российской Федерации о прохождении военной службы.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по вышеперечисленным темам.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение практических задач, по вышеперечисленным 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.

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

Групповые занятия.

Групповые занятия имеют целью изучить устройство конкретных образцов оружия (вооружения) и боевой техники, формировать начальные умения их эксплуатации, осваивать вопросы теории стрельбы, а также порядок действий на боевой технике, вопросы несения внутренней, гарнизонной и караульной службы; порядок оборудования боевой позиции для стрельбы; порядок работы с топографическими картами различной номенклатуры.

Групповые занятия проводить в специализированных классах, с максимальным использованием учебного вооружения, приборов, учебных боеприпасов, а также плакатов, стендов, макетов, слайдов и раздаточного материала.

Практические занятия.

Практические занятия предназначены для формирования умений и навыков, обучаемых в действиях с оружием и на боевой технике в ходе их боевого применения и эксплуатации, поиска информации по решению задач и практических упражнений; отработки нормативов боевой подготовки и строевых приемов без оружия; оказания первой помощи при ранениях и травмах; чтения топографических карт и ориентирования на местности по карте и без карты.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, работа с лекционным материалом, подготовка к практическим занятиям, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебников 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 её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Раздел 1. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации. Тема 1. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации, их основные требования и содержание. Тема 2. Внутренний порядок и суточный наряд. Тема 3. Общие положения Устава гарнизонной и караульной службы.	УК.1	<i>Опрос. Тестовые задания.</i>
Раздел 2. Строевая подготовка.	УК.1	<i>Опрос.</i>
Контролируемые разделы (темы)	Индекс	Оценочные средства по

дисциплины	контролируемой компетенции (или её части)	этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Тема 4. Строевые приемы и движение без оружия.	УК.1	<i>Выполнение строевых приемов</i>
Раздел 3. Огневая подготовка из стрелкового оружия. Тема 5. Основы, приемы и правила стрельбы из стрелкового оружия. Тема 6. Назначение, боевые свойства, материальная часть и применение стрелкового оружия, ручных противотанковых гранатометов и ручных гранат. Тема 7. Выполнение упражнений учебных стрельб из стрелкового оружия.	УК.1	<i>Опрос. Тестовые задания. Выполнение нормативов по огневой подготовке.</i>
Раздел 4. Основы тактики общевойсковых подразделений. Тема 8. Вооруженные Силы Российской Федерации их состав и задачи. Тактико-технические характеристики (ТТХ) основных образцов вооружения и техники ВС РФ. Тема 9. Основы общевойскового боя. Тема 10. Основы инженерного обеспечения. Тема 11. Организация воинских частей и подразделений, вооружение, боевая техника вероятного противника.	УК.1	<i>Опрос. Тестовые задания.</i>
Раздел 5. Радиационная, химическая и биологическая защита. Тема 12. Ядерное, химическое, биологическое, зажигательное оружие. Тема 13. Радиационная, химическая и биологическая защита.	УК.1	<i>Опрос. Тестовые задания. Выполнение нормативов по РХБЗ.</i>
Раздел 6. Военная топография. Тема 14. Местность как элемент боевой обстановки. Измерения и ориентирование на местности без карты, движение по азимутам. Тема 15. Топографические карты и их чтение, подготовка к работе. Определение координат объектов и целеуказания по карте.	УК.1	<i>Опрос. Тестовые задания. Производство измерений.</i>
Раздел 7. Основы медицинского обеспечения. Тема 16. Медицинское обеспечение войск (сил), первая медицинская помощь при ранениях, травмах и особых случаях.	УК.1	<i>Опрос. Выполнение нормативов по военно-медицинской подготовке.</i>
Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции	Оценочные средства по этапам формирования компетенций

	(или её части)	текущий контроль по дисциплине
Раздел 8. Военно-политическая подготовка. Тема 17. Россия в современном мире. Основные направления социально-экономического, политического и военно-технического развития страны.	УК.1	<i>Опрос.</i>
Раздел 9. Правовая подготовка. Тема 18. Военная доктрина РФ. Законодательство Российской Федерации о прохождении военной службы	УК.1	<i>Опрос.</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 практических занятий:

По разделу 2 «Строевая подготовка», по теме 4 «Строевые приемы и движение без оружия».

Практические задания:

1. Выполнение строевых приемов и движение без оружия. «Строевая стойка», «Выполнение команд: «Становись», «Равняйсь», «Смирно», «Вольно», «Заправиться», «Отставить», «Головные уборы - снять (надеть)». Выполнение «Поворотов на месте», «Движение строевым шагом, Движение на месте. Изменение скорости движения», «Поворотов в движении», «Воинского приветствия на месте и в движении». «Выход военнослужащего из строя и постановка в строй. Подход к начальнику и отход от него».

По разделу 3 «Огневая подготовка из стрелкового оружия», по теме 6 «Назначение, боевые свойства, материальная часть и применение стрелкового оружия, ручных противотанковых гранатометов и ручных гранат».

Практические задания:

2. Выполнение норматива по Огневой подготовке № 13 «Неполная разборка оружия»: 5,45 мм АК-74; 5,45 мм РПК-74; 9 мм ПМ и 40 мм РПГ-7.

3. Выполнение норматива по Огневой подготовке № 14 «Сборка оружия после неполной разборки»: 5,45 мм АК-74; 5,45 мм РПК-74; 9 мм ПМ и 40 мм РПГ-7.

По разделу 3 «Огневая подготовка из стрелкового оружия», по теме 7 «Выполнение упражнений учебных стрельб из стрелкового оружия».

Практические задания:

4. Выполнение норматива по Огневой подготовке № 1 «Изготовка к стрельбе из различных положений (лежа, с колена, стоя, из-за укрытия) при действиях в пешем порядке».

По разделу 5 «Радиационная, химическая и биологическая защита», по теме 13 «Радиационная, химическая и биологическая защита».

Практические задания:

5. Выполнение норматива Н-РХБЗ-1 «Надевание противогаза или респиратора».

6. Выполнение норматива Н-РХБЗ-4(а) «Надевание общевойскового защитного комплекта и противогаза по команде «Плащ в рукава, чулки, перчатки надеть», «Газы». Выполнение норматива Н-РХБЗ-4(б) «Надевание общевойскового защитного комплекта и противогаза»: по команде «Защитный комплект надеть», «Газы».

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Задачи огневой подготовки.
2. Основные понятия и определения, применяемые на занятиях по огневой подготовке.
3. Требования безопасности при обращении с оружием и боеприпасами.
4. Общие сведения о внутренней баллистике.
5. Общие сведения о внешней баллистике.
6. Назначение, состав, боевые характеристики, порядок работы частей и механизмов автомата АК-74.
7. Порядок неполной разборки и порядок сборки автомата АК-74.
8. Приемы стрельбы из автомата АК-74.
9. Назначение, состав, боевые характеристики, порядок работы частей и механизмов пулемета РПК-74.
10. Порядок неполной разборки и порядок сборки пулемета РПК-74.
11. Приемы стрельбы из пулемета РПК-74.
12. Назначение, состав, боевые характеристики, порядок работы частей и механизмов гранатомета РПГ-7.
13. Приемы стрельбы из гранатомета РПГ-7.
14. Назначение, состав, боевые характеристики, порядок работы частей и механизмов пистолета ПМ.
15. Порядок неполной разборки и порядок сборки пистолета ПМ.
16. Приемы стрельбы из пистолета ПМ.
17. Назначение, боевые характеристики и устройство ручных осколочных гранат.
18. Порядок работы механизма унифицированного запала ручной гранаты модернизированного (УЗРГМ).
19. Приемы и правила метания ручных осколочных гранат. Подготовка гранат к боевому применению.
20. Порядок чистки и смазки оружия.
21. Порядок проведения стрельб из стрелкового оружия и гранатометания.
22. Требования курса стрельб из стрелкового оружия к организации и проведению стрельб.
23. Помещения, предусмотренные для размещения роты.
24. Воинские звания.
25. Ответственность военнослужащих.
26. Единоначалие. Командиры (начальники) и подчиненные.
27. Начальники и подчиненные. Старшие и младшие.
28. Приказ (приказание), порядок его отдачи и выполнения.
29. Назначение суточного наряда по роте, его состав и экипировка.
30. Назначение и состав караула.
31. Какие бывают караулы. Назначение внутренних (корабельных) караулов.
32. Кто такой часовой.
33. Порядок смены часовых.
34. Неприкосновенность часового.
35. Что запрещается часовому.
36. Пост, его оборудование.
37. Применение оружия часовым на посту.
38. Воинская дисциплина ее сущность и значения.
39. Поощрения, применяемые к солдатам и сержантам.
40. Виды дисциплинарных взысканий.
41. Структура и предназначение Вооруженных Сил РФ, видов Вооруженных Сил, родов войск и специальных войск Сухопутных войск Вооруженных Сил РФ.

42. Сущность современного общевойскового боя, его характерные черты, основные принципы и способы ведения.
43. Состав мотострелкового отделения, взвода, роты.
44. Основные образцы вооружения и боевой техники мотострелкового отделения, взвода, роты их тактико-технические характеристики.
45. Определение и цель обороны. Условия перехода к обороне. Чем достигается устойчивость и активность обороны?
46. Боевые порядки подразделений в обороне, система огня и инженерное оборудование.
47. Понятие об оружии массового поражения и его виды.
48. Ядерное оружие, способы применения, его поражающие факторы и защита от них.
49. Химическое оружие, его боевые свойства, способы применения и защиты от него.
50. Общие сведения об оружии, основанном на новых физических принципах.
51. Биологическое оружие, его боевые свойства, способы применения и защиты от него.
52. Зажигательное оружие, его боевые свойства, способы применения и защиты от него.
53. Общевойсковые фильтрующие противогазы, респираторы, их устройство, порядок подбора и применения.
54. Изолирующие дыхательные аппараты их устройство и порядок использования.
55. Средства индивидуальной защиты кожи изолирующего типа, назначение состав, порядок использования.
56. Технические средства радиационной, химической, биологической разведки и контроля.
57. Средства специальной и санитарной обработки.
58. Задачи радиационной, химической и биологической защиты и мероприятия, обеспечивающие их выполнение.
59. Сигналы оповещения о радиационном, химическом, биологическом заражении и порядок действий по ним.
60. Окопы, траншеи, ходы сообщения, сооружения для ведения огня и наблюдения, возводимые на позициях и в районах мотострелковых подразделений.
61. Одиночные окопы для стрельбы из автоматов, пулемётов, их назначение, элементы, размеры, порядок устройства и оборудования.
62. Порядок отрывки и маскировки одиночных окопов для стрельбы лёжа, с колена, стоя.
63. Местность и ее значение в бою.
64. Тактические свойства местности, ее основные разновидности.
65. Сущность, способы и порядок ориентирования на местности без карты.
66. Определение сторон горизонта различными способами.
67. Измерение углов и расстояний на местности различными способами.
68. Магнитный азимут и его применение при движении.
69. Географические и прямоугольные координаты объектов по карте.
70. Личная гигиена военнослужащих.
71. Понятие об инфекционных заболеваниях и их возбудителях.
72. Источники инфекций. Пути распространения инфекционных заболеваний.
73. Меры личной профилактики заболеваний.
74. Основы гигиены питания и водопользования.
75. Табельные средства индивидуального медицинского оснащения личного состава их предназначение, порядок и правила пользования ими.
76. Понятие о ране. Наложение повязок при различных ранениях и кровотечениях.
77. Первая помощь при ранениях и кровотечениях.

78. Современный мир и тенденции его развития.
79. Характеристика современного мира. Критерии его оценки.
80. Роль и место России в современном мире.
81. Военная доктрина РФ: определение, что она собой представляет и чем достигается её реализация.
82. Основные черты военно-политической обстановки.
83. Основные понятия военной доктрины.
84. Опасности и угрозы безопасности Российской Федерации.
85. Основные внешние угрозы для РФ.
86. Основные внутренние угрозы для РФ.
87. Основные принципы обеспечения военной безопасности.
88. Понятие военной безопасности. Задачи государства в области обеспечения военной безопасности.
89. История создания и развития отечественной военной силы.
90. Основные положения федерального закона «Об обороне» (1996 г.).
91. Назначение, задачи Вооруженных Сил РФ, их место в системе государственных институтов.
92. Общеизвестные военные реформы, их краткая характеристика.
93. Уроки военных реформ и их учёт в процессе совершенствования ВС РФ.
94. Дни воинской славы России, порядок их проведения.
95. Основные этапы развития ВС РФ.
96. Задачи ВС РФ по обеспечению военной безопасности.
97. Предназначение, состав ВС РФ.
98. Цели применения ВС РФ.
99. Руководство и управление ВС РФ.
100. Правовой статус военнослужащих. Основные права и обязанности военнослужащих.
101. Военная служба как особый вид государственной службы.
102. Кто относится к гражданам, имеющим статус военнослужащего?
103. Что предусматривает воинская обязанность граждан РФ?
104. Ответственность военнослужащих.
105. Порядок прохождения военной службы сержантским и рядовым составом.
106. Запрещенные средства и методы ведения боевых действий.
107. Правовые основы военной службы в Российской Федерации.
108. Военная служба как особый вид государственной службы.
109. Дать определение «Строй» и «Фланг».
110. Дать определение «Шеренга» и «Линия машин».
111. Дать определение «Фронт» и «Тыльная сторона строя».
112. Дать определение «Интервал» и «Глубина строя».
113. Дать определение «Дистанция» и «Ширина строя».
114. Дать определение «Двухшереножный строй».
115. Дать определение «Ряд».
116. Дать определение «Одношереновый и двухшереновые строй».
117. Дать определение «Колонна».
118. Дать определение «Развёрнутый строй».
119. Дать определение «Походный строй».
120. Дать определение «Направляющий».
121. Дать определение «Замыкающий».
122. Дать определение «Строевой и походный шаг».

Перечень практических заданий к зачету:

1. Выполнение строевых приемов и движение без оружия. «Строевая стойка», «Выполнение команд: «Становись», «Равняйся», «Смирно», «Вольно», «Заправиться», «Отставить», «Головные уборы - снять (надеть)». Выполнение «Поворотов на месте»,

«Движение строевым шагом, Движение на месте. Изменение скорости движения», «Повороты в движении», «Воинского приветствия на месте и в движении». «Выход военнослужащего из строя и постановка в строй. Подход к начальнику и отход от него».

2. Выполнение норматива по Огневой подготовке № 1 «Изготовка к стрельбе из различных положений (лежа, с колена, стоя, из-за укрытия) при действиях в пешем порядке».

3. Выполнение норматива по Огневой подготовке № 13 «Неполная разборка оружия» 5,45 мм АК-74, 5,45 мм РПК-74, 9 мм ПМ.

4. Выполнение норматива по Огневой подготовке № 14 «Сборка оружия после неполной разборки» 5,45 мм АК-74, 5,45 мм РПК-74, 9 мм ПМ.

5. Выполнение норматива Н-РХБЗ-1 «Надевание противогаза или респиратора».

6. Выполнение норматива Н-РХБЗ-4(а) «Надевание общевойскового защитного комплекта и противогаза по команде «Плащ в рукава, чулки, перчатки надеть», «Газы»».

7. Выполнение норматива Н-РХБЗ-4(б) «Надевание общевойскового защитного комплекта и противогаза»: по команде «Защитный комплект надеть», «Газы».

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	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> 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		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня			Менее 55

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

Основная литература:

1. Военная доктрина Российской Федерации. - М: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=425274>

2. Федеральный закон от 28 марта 1998 года № 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе». - М.: ИНФРА-М, 2022. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=416998>.
3. Федеральный закон от 27 мая 1998 года № 76-ФЗ «О статусе военнослужащих» службе». М.: ИНФРА-М, 2022. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=417313>.
4. Указ Президента РФ от 16.09.1999 № 1237 «Вопросы прохождения военной службы» (вместе с «Положением о порядке прохождения военной службы»). — URL: <https://base.garant.ru/180912/>.
5. Военно-инженерная подготовка: учебное пособие / В.С. Литовский, Д.В. Кузнецов. - Москва: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=418930>.
6. Военно-инженерная подготовка: учебник / И.Ю. Лепешинский, В.А. Кутепов, В.В. Глебов [и др.]. - М.: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=414876>.
7. Общая тактика: учебное пособие / В.Д. Горев, Н.А. Поздняков; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=344730>.
8. Огневая подготовка: учебное пособие / авторы-сост.: А.А. Кисляк, Н.А. Поздняков, В.Д. Горев; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=344689>.
9. Тактическая подготовка курсантов учебных военных центров: учебник / Ю. Б. Байрамуков [и др.]; ред. Ю. Б. Торгованов. - 2-е изд., испр. и доп. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2018. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=320910>.
10. Основы военной службы: строевая, огневая и тактическая подготовка, военная топография: учебник / В.Ю. Микрюков. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=422943>.
11. Общевоинские уставы Вооруженных Сил Российской Федерации. - 6-е изд., испр. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2022. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=413940>.
12. Материальная часть стрелкового оружия и гранатометов [Электронный ресурс]: [учеб. пособие] / К. С. Фокин, И. В. Фролов; [науч. ред. В. А. Ружа]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2017. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=303738>.
13. Радиационная, химическая и биологическая защита: учебное пособие / И.Ю. Лепешинский, В.А. Кутепов, В.П. Погодаев. - М.: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=416866>.
14. Огневая подготовка: учебное пособие: в 2 частях. Часть 1. Нормативно-правовая база огневой подготовки. Материальная часть стрелкового оружия. Основы баллистики и стрельбы / А.Н. Ковальчук. - М.: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=425489>.
15. Огневая подготовка: учебное пособие: в 2 частях. Часть 2. Обучение обращению с огнестрельным оружием в условиях оперативно-служебной деятельности / А.Н. Ковальчук. - М.: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=425408>.
16. Топографическая подготовка: учебное пособие / А.А. Ильященко, А.Н. Ковальчук. - Москва: ИНФРА-М, 2023. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=424778>.
17. Эксплуатация стрелкового оружия: учеб. пособие / [К. С. Фокин, Н. Н. Кизюн, И. В. Фролов, Р. А. Иванов; под общ. ред. И. В. Фролова]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=421224>.
18. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / Ю.Н. Сычев. - М.: ИНФРА-М, 2022. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=388694>.

19 Общая тактика : учебник / Ю. Б. Байрамуков [и др.] ; под общ. ред. Ю. Б. Торгованова. – 2-е изд., испр. и доп. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=320854>.

Дополнительная литература:

1. Наставление по стрелковому делу / ред. Чайка В.М.- Москва: Воениздат, 1985.
2. Бызов Б.Е., Коваленко А.Н. Военная топография. Для курсантов учебных подразделений. - 2-е изд. - М.: Воениздат, 1990.
3. Военно-медицинская подготовка (для студентов медицинских институтов) / Под ред. Комарова Ф.И. - М.: Воениздат, 1989.
4. Основы первой доврачебной неотложной помощи пострадавшим: учеб. пособие / Алексеев А.В., Алексеева Д.А. - Ярославль: ООО «Хисториоф Пипл», 2008.
5. Учебник сержанта войск радиационной, химической и бактериологической защиты / Под ред. генерал-майора Мельника Ю.Р. - М., 2006.
6. Сборник нормативов по боевой подготовке сухопутных войск. - М.: Воениздат, 1984.
7. Попов В. И., Батюшкин С.А. Тактика. Батальон, рота. - М.: Воениздат, 2011.
8. Вооруженные силы зарубежных государств информ. аналит. сб. под ред. А.Н. Сидоркина. - М.: Воениздат «Вооруженные силы», 2009.

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

- ЭБС ZNANIUM.COM
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)
- <http://www.mil.ru> - Министерство обороны Российской Федерации.
- <http://elibrary.ru>- крупнейшая российская электронная библиотека.

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта - <https://lms.kantiana.ru/>, 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 групповых занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения - мультимедийной техникой, специализированными плакатами и стендами, демонстрационным оборудованием, меловой или маркерной доской.

Материально-техническая база для реализации дисциплины включает:

вооружение и военная техника, состоящие на вооружении Вооруженных Сил и подлежащие изучению (освоению) и (или) используемые в процессе обучения: 5,45-мм автоматы АК-74, массогабаритные макеты; 9-мм пистолеты ПМ, массогабаритные макеты; 5,45-мм пулеметы РПК-74, массогабаритные макеты; 40-мм подствольные гранатометы ГП-25,

массогабаритные макеты; 40-мм гранатомет РПГ-7 (7В), массогабаритный макет; индивидуальные средства защиты кожи и органов дыхания (общевоинские защитные комплекты и фильтрующие противогазы, респираторы); приборы радиационной химической разведки и контроля; индивидуальные средства медицинской защиты и средства для оказания первой медицинской помощи при ранениях и травмах.

учебно-лабораторная база – специализированные классы:

- подготовки по общевоинским уставам;
- огневой подготовки из стрелкового оружия;
- тактической подготовки и военной топографии;
- подготовки по радиационной, химической и биологической защите;
- военно-медицинской подготовки;
- военно-политической подготовки.

полевая учебная база: наблюдательный пост, элементы взводных опорных пунктов, в том числе при видении боевых действий в населенном пункте, учебное поле по огневой подготовке; строевой плац, место несения службы во внутреннем наряде, тир (интерактивный

лазерный тир);

информационные ресурсы (средства) обучения и материальная база для их использования: учебная библиотека, учебная и специальная литература, компьютерные программы, кино-, фото- и видеоматериалы, автоматизированные рабочие места с доступом к электронно-образовательному portalу;

объекты обеспечения образовательного процесса: комната для хранения оружия, строевой плац, место несения службы во внутреннем наряде, тир (интерактивный лазерный тир), складские и служебные помещения.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляется доступ 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.

Программа итоговой аттестации по модулю

Определение результатов освоения модуля на основе вычисления оценки по каждому элементу модуля.

Оценка по модулю рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{мод}} = \frac{k_1 R_1 + k_2 R_2 + k_3 R_3 + \dots + k_n R_n + k_{\text{пр}} R_{\text{пр}} + R_{\text{кур}}}{k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_{\text{пр}}}$$

Где:

$R_{\text{мод}}$ – оценка по модулю

$k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ – зачетные единицы дисциплин, входящих в модуль

$k_{\text{пр}}$ – зачетные единицы по практике

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ – оценки по дисциплинам модуля

$R_{\text{пр}}$ – оценка по практике

$R_{\text{кур}}$ – оценка по курсовой работе

В случае, если по дисциплине предусмотрен зачет без оценки, то за оценку по дисциплине принимается «5».

В случае, если по модулю применяется балльно-рейтинговая система, то

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ – рейтинговые баллы студента по дисциплинам модуля

$R_{\text{пр}}$ – рейтинговые баллы студента по практике

$R_{\text{кур}}$ – рейтинговые баллы студента по курсовой работе

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Высшая математика, программирование и обработка данных»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

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

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград
2026

Лист согласования

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

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

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

Юров А. В.

Содержание

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

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

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

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

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные законы и разделы высшей математики (линейная алгебра, математический анализ, дифференциальные уравнения, теория вероятностей и математическая статистика), численные методы решения физических задач, основы алгоритмизации и языков программирования, а также современные методы обработки и анализа экспериментальных данных. Уметь: применять математический аппарат для решения физических задач, включая моделирование физических процессов, обработку экспериментальных данных, статистический анализ результатов; использовать языки программирования и программные средства для численного решения уравнений, визуализации данных и автоматизации расчётов.

		Владеть: навыками построения математических моделей физических явлений и их анализа, методами численного решения задач, приёмами программирования для обработки больших массивов данных, способами статистической обработки и интерпретации результатов физических экспериментов.
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	Знать: фундаментальные физико-математические методы и подходы, используемые для постановки и решения научно-исследовательских задач, включая математическое моделирование, численные методы, алгоритмы обработки данных и принципы программирования вычислительных экспериментов. Уметь: проектировать решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук, включая выбор математической модели, разработку алгоритма её реализации, проведение численных расчётов и обработку результатов для получения достоверных выводов. Владеть: навыками применения физико-математических методов для проектирования исследования, включая постановку задачи, выбор и реализацию численных алгоритмов, интерпретацию результатов и их оформление, а также способами интеграции программирования и методов обработки данных в комплексные научно-исследовательские работы.
ОПК-3. Способен оценивать применимость	ОПК-3.1. Прогнозирует результаты использования знаний и методов из области	Знать: фундаментальные физико-математические методы и подходы, используемые для

знаний и методов из области физико-математических наук в различных областях жизнедеятельности с учетом комплексного подхода.	физико-математических наук для решения задач в различных областях жизнедеятельности.	постановки и решения научно-исследовательских задач, включая математическое моделирование, численные методы, алгоритмы обработки данных и принципы программирования вычислительных экспериментов. Уметь: проектировать решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук, включая выбор математической модели, разработку алгоритма её реализации, проведение численных расчётов и обработку результатов для получения достоверных выводов. Владеть: навыками применения физико-математических методов для проектирования исследования, включая постановку задачи, выбор и реализацию численных алгоритмов, интерпретацию результатов и их оформление, а также способами интеграции программирования и методов обработки данных в комплексные научно-исследовательские работы.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

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

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

4. Программы дисциплин модуля

4.1. Программа дисциплины «Математический анализ»

1. Наименование дисциплины: «Математический анализ».

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные понятия и методы математического анализа: пределы, производные, интегралы, дифференциальные уравнения, ряды и их применение для описания физических процессов; основные теоремы и формулы, используемые при математическом моделировании физических явлений. Уметь: применять математический аппарат для решения физических задач, включая вычисление пределов, производных и интегралов, решение дифференциальных уравнений, исследование сходимости рядов, анализ функций и моделирование физических процессов с использованием методов математического анализа. Владеть: навыками дифференциального и интегрального исчисления, методами решения обыкновенных дифференциальных уравнений, приёмами исследования функций и построения их графиков, способами применения математического анализа для анализа и интерпретации физических данных.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математический анализ» представляет собой дисциплину обязательной

части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

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

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

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

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Введение в математический анализ.

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

Тема 2: Числовые функции одного действительного переменного.

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

Тема 3: Пределы числовых последовательностей.

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

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

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

Тема 5: Непрерывность функции в точке и на множестве.

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

Тема 6: Дифференцирование функции одной переменной. Производная.

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

Тема 7: Приложение производной.

Вопросы для обсуждения: Приложения производных.

Тема 8: Неопределенный интеграл и методы интегрирования.

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

Тема 9: Определенный интеграл и способы его вычисления.

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

Тема 10: Приложения определённого интеграла в геометрии и физике.

Вопросы для обсуждения: Геометрические приложения определенных интегралов.

Физические приложения интегралов.

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

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

Тема 12: Кратные и криволинейные интегралы.

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

Тема 13: Элементы теории поля.

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

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в математический анализ.

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

Тема 2: Числовые функции одного действительного переменного.

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

Тема 3: Пределы числовых последовательностей..

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

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

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

Тема 5: Непрерывность функции в точке и на множестве.

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

Тема 6: Дифференцирование функции одной переменной. Производная.

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

Тема 7: Приложение производной.

Вопросы для обсуждения: Приложения производных.

Тема 8: Неопределенный интеграл и методы интегрирования.

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

Тема 9: Определённый интеграл и способы его вычисления.

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

Тема 10: Приложения определённого интеграла в геометрии и физике.

Вопросы для обсуждения: Геометрические приложения определенных интегралов.

Физические приложения интегралов.

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

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

Тема 12: Кратные и криволинейные интегралы.

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

Тема 13: Элементы теории поля.

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

Требования к самостоятельной работе студентов

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в математический анализ	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Числовые функции одного действительного переменного	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Пределы числовых последовательностей.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Предел функции и его свойства. Замечательные пределы и их приложения.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Непрерывность функции в точке и на множестве	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Дифференцирование функции одной переменной. Производная.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Приложение производной	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Неопределенный интеграл и методы интегрирования	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Определённый интеграл и способы его вычисления	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Приложения определённого интеграла в геометрии и физике	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Функции нескольких независимых переменных. Дифференциальное	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач

исчисление функций нескольких переменных		
Кратные и криволинейные интегралы	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач
Элементы теории поля	ОПК-1.1, ОП-1.2	Опрос, решение задач

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

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

Пример контрольной работы по теме «Предел функции».

Вариант
1

1. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x^3 + x}{x^2 + 1} =$

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

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

4. $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x^2} =$

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

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

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

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

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

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

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

Пример экзаменационного билета:

**Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет
им. Иммануила Канта»
Институт физико-математических наук и
информационных технологий**

Билет № 1

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

1. Числовая последовательность и ее предел;
2. Производная и дифференциал сложной функции.
Инвариантность формы дифференциала;
3. Дать определение $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x)$;

$$x \rightarrow x_0 + 0$$

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

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

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

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

Дополнительная литература

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

4.2. Программа дисциплины «Аналитическая геометрия и линейная алгебра»

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

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные понятия и методы аналитической геометрии и линейной алгебры: векторы, операции над ними, уравнения прямых и плоскостей, кривые и поверхности второго порядка, матрицы, определители, системы линейных уравнений, собственные значения и векторы, линейные преобразования, а также их роль в математическом аппарате, используемом в физике. Уметь: применять методы аналитической геометрии и линейной алгебры для решения физических задач: выполнять операции с векторами и матрицами, решать системы линейных уравнений, находить собственные значения и векторы, использовать координатные методы для описания геометрических объектов и физических полей, применять линейные преобразования для анализа физических систем. Владеть: навыками работы с векторами и матрицами, методами решения систем линейных уравнений, приёмами аналитического описания геометрических объектов, способами применения линейной алгебры для моделирования физических процессов,

		включая задачи механики, электродинамики и квантовой физики.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

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

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

		линейного отображения. Характеристическое уравнение отображения и собственные векторы линейного отображения. Приведение матрицы линейного отображения к диагональному виду. Ортогональные отображения.
6.	Квадратичные формы	Приведение квадратичной формы к каноническому виду. Основные определения. Матричная запись квадратичной формы. Приведение квадратичной формы к каноническому виду. Применения квадратичных форм. Критерии знакоопределенности квадратичных форм. Применение квадратичных форм к исследованию функций на экстремум.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа:

Тема 1: Основные методы решения систем линейных уравнений.

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

Тема 2: Элементы векторной алгебры.

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

Тема 3: Элементы аналитической геометрии.

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

Тема 4: Линейные пространства.

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

Тема 5: Линейные отображения

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

Тема 6: Квадратичные формы.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий практических занятий:

Тема 1: Основные методы решения систем линейных уравнений.

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

Тема 2: Элементы векторной алгебры.

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

Тема 3: Элементы аналитической геометрии.

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

Тема 4: Линейные пространства.

Вопросы для обсуждения: Линейное пространство. Линейная зависимость и линейная независимость векторов. Нахождение размерности и базиса линейного пространства.

Координаты вектора. Переход от одного базиса к другому. Неравенство треугольника, неравенство Коши-Буняковского. Скалярное произведение векторов в евклидовом пространстве и его применение.

Тема 5: Линейные отображения

Вопросы для обсуждения: Матрица линейного отображения. Связь между координатами вектора и его образа. Характеристическое уравнение отображения и собственные векторы линейного отображения. Приведение матрицы линейного отображения к диагональному виду.

Тема 6: Квадратичные формы.

Вопросы для обсуждения: Приведение квадратичной формы к каноническому виду.

Требования к самостоятельной работе студентов

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

Методы Гаусса, Крамера, матричного способа; анализ совместности и определенности систем. Операции над векторами (линейные операции, скалярное, векторное и смешанное произведения); геометрические приложения. Изучение уравнений прямых на плоскости и в пространстве, плоскостей, кривых и поверхностей второго порядка; построение геометрических образов. Понятия базиса, размерности, подпространства; изучение линейных оболочек и линейной зависимости систем векторов. Матрицы линейных операторов, их собственных значений и собственных векторов; преобразования подобия. Методы приведения квадратичных форм к каноническому виду (метод Лагранжа, ортогональные преобразования); изучение критериев знакоопределенности.

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

Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса, методом Крамера и матричным способом. Исследование систем на совместность и определенность. Выполнение линейных операций над векторами. Вычисление скалярного, векторного и смешанного произведений. Решение геометрических и физических задач с применением векторного аппарата. Составление уравнений прямых на плоскости и в пространстве, плоскостей. Построение и исследование кривых и поверхностей второго порядка. Решение задач на линейную зависимость и независимость систем векторов. Нахождение базиса и размерности линейных пространств и подпространств. Нахождение матриц линейных операторов в различных базисах. Вычисление собственных значений и собственных векторов. Приведение матрицы оператора к диагональному виду. Приведение квадратичных форм к каноническому виду методом Лагранжа и ортогональными преобразованиями. Исследование квадратичных форм на знакоопределенность.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:

Повторение методов Гаусса, Крамера и матричного метода. Отработка навыков исследования систем на совместность и нахождения общего и частного решений.

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью 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
Основные методы решения систем линейных уравнений	ОПК-1.1, ОП-1.2	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Элементы векторной алгебры	ОПК-1.1, ОП-1.2	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Элементы аналитической геометрии	ОПК-1.1, ОП-1.2	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Линейные пространства	ОПК-1.1, ОП-1.2	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Линейные отображения	ОПК-1.1, ОП-1.2	Тестирование, решение задач, контрольная работа
Квадратичные формы	ОПК-1.1, ОП-1.2	Тестирование, решение задач, контрольная работа

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

Типовые тестовые задания:

К разделу 2. Элементы векторной алгебры.

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

Типовые задания контрольных работ.

Контрольная работа по теме «Элементы аналитической геометрии».

Вариант 1

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

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

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

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

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Определение определителей 2-ого и 3-его порядков. Свойства определителей.

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

Пример экзаменационного билета:

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

Билет № 1

по дисциплине «Аналитическая геометрия и линейная алгебра»

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

Утверждено на заседании Учебно-методического совета ИФМНИИТ

Протокол № ____ от ____ 20____ Председатель совета А.А. Шпилевой

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и	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. Заболотский, В. С. Линейная алгебра и аналитическая геометрия (учебный комплекс): учебное пособие / В.С. Заболотский. — 2-е изд., стер. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 309 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16- 110519-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1872461>

Дополнительная литература

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

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

4.3. Программа дисциплины «Векторный и тензорный анализ»

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

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные понятия векторного и тензорного анализа: скалярные, векторные и тензорные поля, градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа, основные теоремы, тензоры различных рангов, операции с ними и их свойства, а также их применение в физических теориях. Уметь: применять методы векторного и тензорного анализа для решения физических задач, включая вычисление градиента, дивергенции, ротора и других дифференциальных операций над полями, использовать теоремы Гаусса и Стокса для преобразования интегралов, оперировать с тензорами для описания физических величин, применять тензорный аппарат для моделирования физических процессов. Владеть: навыками дифференциальных операций над скалярными, векторными и тензорными полями, методами применения теорем векторного анализа для решения задач электродинамики, гидродинамики и других разделов физики, приёмами работы с тензорами и их использованием для описания анизотропных свойств сред, способами

		преобразования координат и тензорных выражений при смене систем отсчёта.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

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

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа:

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

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

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

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

Тема 2: Скалярные и векторные величины и поля.

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

Потенциальное поле. Признак потенциальности поля. Вычисление линейного интеграла от потенциального поля.

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

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

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

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

Тема 5: Дифференциальные операторы второго порядка.

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

Тема 6: Дифференциальные операторы в индексных обозначениях.

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

Тема 7: Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий *практических занятий*:

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

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

Тема 2: Скалярные и векторные величины и поля

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

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

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

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

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

Тема 5: Дифференциальные операторы второго порядка.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные операторы второго порядка. Лапласиан.

Тема 6: Дифференциальные операторы в индексных обозначениях.

Вопросы для обсуждения: Вычисление выражений в индексной форме

Тема 7: Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.

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

Требования к самостоятельной работе студентов

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

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

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

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
1. Векторы и тензоры. Преобразования векторов и тензоров при поворотах систем координат.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
2. Скалярные и векторные величины и поля	ОПК-1.1, ОП-1.2	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
3. Дивергенция и поток векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Решение типовых задач
4. Ротор векторного поля и циркуляция. Теорема Стокса.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Решение типовых задач
5. Дифференциальные операторы второго порядка.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Решение типовых задач
6. Дифференциальные операторы в индексных обозначениях.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Решение типовых задач
7. Дифференциальные операторы в криволинейных координатах.	ОПК-1.1, ОП-1.2	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа

8.2. Типовые задачи по темам практических занятий

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

Найти поверхности уровня потенциальной энергии взаимодействия двух единичных зарядов.

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

$(x^2+y^2+z^2)^{-1/2}=v_0$. Отсюда, возводя в квадрат, получим $x^2 + y^2 + z^2=v^2$. Это уравнение описывает сферу радиусом $R=|1/v_0|$. Эквипотенциальная поверхность с большим значением потенциальной энергии v_0 находится ближе к началу координат (первому заряду). Таким образом, поверхностями уровня будут концентрические сферы, и скалярное поле является сферическим.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Найти собственные значения и собственные векторы тензора

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

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

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

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

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

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

8.4. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

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

8.5. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

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

Дополнительная литература

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

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

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления

образовательного процесса по дисциплине.

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

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

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

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

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

4.4. Программа дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика»

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

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные понятия теории вероятностей, основные теоремы, методы математической статистики, а также их применение для обработки и интерпретации физических экспериментальных данных. Уметь: применять вероятностно-статистические методы для решения физических задач, включая оценку параметров распределений по экспериментальным данным, проверку статистических гипотез, построение доверительных интервалов, анализ корреляционных и регрессионных зависимостей, а также использование статистических критериев для

		обоснования выводов в научных исследованиях. Владеть: навыками применения методов теории вероятностей для моделирования случайных процессов в физике, способами статистической обработки экспериментальных данных с использованием программных средств, приёмами оценки погрешностей измерений и интерпретации вероятностных характеристик физических величин, методами построения и анализа эмпирических распределений.
ОПК-3. Способен оценивать применимость знаний и методов из области физико-математических наук в различных областях жизнедеятельности с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Прогнозирует результаты использования знаний и методов из области физико-математических наук для решения задач в различных областях жизнедеятельности.	Знать: фундаментальные методы теории вероятностей и математической статистики, их возможности и ограничения при решении задач различных областей деятельности, а также критерии выбора статистических методов в зависимости от типа данных и целей исследования. Уметь: оценивать применимость вероятностно-статистических методов для решения конкретных задач в различных сферах, прогнозировать результаты их использования на основе анализа условий задачи, характера данных и требуемой точности выводов, обосновывать выбор статистических критериев и моделей с учётом специфики решаемой проблемы. Владеть: навыками комплексного анализа применимости методов теории вероятностей и математической статистики для решения задач в различных областях жизнедеятельности, способами прогнозирования эффективности использования статистических подходов, приёмами интерпретации результатов статистического анализа в контексте конкретной предметной области, умением формулировать заключения и рекомендации на основе статистических выводов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

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

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа:

Тема 1. Вероятности случайных событий

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

Тема 2. Случайные величины

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

Тема 3: Основы математической статистики.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий практических занятий:

Тема 1. Вероятности случайных событий

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

Тема 2. Случайные величины

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

Тема 3: Основы математической статистики.

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

Требования к самостоятельной работе студентов

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

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

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

Классическая вероятность и комбинаторика. Теорема сложения и умножения. Схема Бернулли. Построение ряда распределения ДСВ. Вычисление числовых характеристик. Задачи на равномерное и показательное распределение. Задачи на нормальное распределение (правило трёх сигм). Задачи на распределение Пуассона. Основы математической статистики: Вычисление выборочного среднего и дисперсии. Построение доверительных интервалов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Тема 1. Вероятности случайных событий	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-3.1	Задачи самостоятельных работ. Задачи контрольной работы.

		Вопросы опроса.
Тема 2. Случайные величины	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-3.1	Задачи самостоятельных работ. Задачи контрольной работы. Вопросы опроса
Тема 3 Основы математической статистики	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-3.1	Задачи самостоятельных работ. Задачи контрольной работы. Вопросы опроса

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

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №1
«Случайные события»

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

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

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №2
«Условные вероятности»

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

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

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Определения суммы, произведения, разности событий, противоположного события. Определение классической вероятности.
2. Формулы числа размещений, перестановок и сочетаний (все – без повторений).
3. Свойство устойчивости относительной частоты. Определение статистической вероятности.
4. Определение геометрической вероятности (для случая фигур на плоскости).
5. Аксиомы А1–А3. Расширенная аксиома сложения. Следствия из аксиом.
6. Условная вероятность (классический подход). Условная вероятность (аксиоматический подход). Формула умножения вероятностей (для двух и для трех событий).

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

36. Статистическая гипотеза Ошибка первого рода Ошибка второго рода Уровень значимости Мощность критерия Принцип выбора критической области
37. Линейная регрессионная модель с одним предиктором
38. Выборочный коэффициент корреляции
39. Система нормальных уравнений МНК (с одним предиктором)
40. Линейная регрессионная модель с несколькими предикторами
41. Система нормальных уравнений МНК (в матричной форме)

8.5. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

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

Дополнительная литература

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

4.5. Программа дисциплины «Программирование»

1. Наименование дисциплины: «Программирование».

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	Знать: основы алгоритмизации, синтаксис и конструкции языка программирования, а также возможности специализированных библиотек для научных вычислений, обработки данных, визуализации и создания приложений. Уметь: проектировать решение научно-исследовательских задач на основе физико-математических знаний с использованием средств программирования, разрабатывать алгоритмы для численного моделирования, обрабатывать и анализировать экспериментальные данные, автоматизировать расчёты и визуализировать полученные результаты. Владеть: навыками разработки программного обеспечения для решения физических и прикладных задач, методами обработки данных, способами создания пользовательских интерфейсов и работы с различными типами информации, приёмами параллельных и распределённых вычислений.
ОПК-3. Способен оценивать применимость знаний и методов из области физико-математических наук в различных областях	ОПК-3.1. Прогнозирует результаты использования знаний и методов из области физико-математических наук для решения задач в различных областях жизнедеятельности.	Знать: основы алгоритмизации, синтаксис и конструкции языка программирования, а также возможности специализированных библиотек для научных вычислений, обработки данных, визуализации и создания

жизнедеятельности с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.2. Выявляет взаимосвязи предлагаемых решений задач в различных областях жизнедеятельности с используемыми знаниями и методами из области физико-математических наук.	приложений, достаточные для оценки применимости методов программирования к решению задач в различных областях. Уметь: оценивать применимость и прогнозировать результаты использования методов программирования, численных алгоритмов и подходов к обработке данных для решения конкретных задач в различных сферах, обосновывать выбор языка, библиотек и архитектуры программного обеспечения с учётом специфики проблемы, выявлять взаимосвязи между предлагаемыми программными решениями и фундаментальными физико-математическими методами. Владеть: навыками разработки программного обеспечения для решения физических и прикладных задач, методами обработки данных, способами создания пользовательских интерфейсов и работы с различными типами информации, приёмами параллельных вычислений, а также способностью комплексно оценивать эффективность и применимость программных решений в различных областях жизнедеятельности, прогнозировать их результаты и обосновывать выбор технологий.
ОПК-4. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий и математических методов.	ОПК-4.1. Проводит математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения. ОПК-4.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений.	Знать: современные языки программирования, специализированные библиотеки для научных вычислений, визуализации и анализа данных, методы численного моделирования физических процессов, а также инструменты разработки и представления результатов профессиональной деятельности. Уметь: проводить математические расчёты и моделирование физических процессов с использованием современного

		программного обеспечения, разрабатывать алгоритмы для численных экспериментов, обрабатывать и визуализировать данные, создавать приложения с графическим интерфейсом для автоматизации расчётов и анализа результатов. Владеть: навыками работы со стандартными и специализированными библиотеками для решения физических и прикладных задач, методами представления результатов с использованием передовых цифровых и программных решений, приёмами работы с различными типами данных, способами создания пользовательских интерфейсов для демонстрации результатов и параллельного программирования для повышения вычислительной эффективности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

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

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

Тема 2: Базовые типы данных языка Python.

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

Тема 3: Условия и циклы.

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

Тема 4: Функции. Lambda- выражения.

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

Тема 5: Структуры данных.

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

Тема 6: Модули.

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

Тема 7: Классы, ООП.

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

Тема 8: Исключения и их обработка.

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

Тема 9: Стандартные библиотеки языка Python.

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

Тема 10: Библиотеки для работы с математикой.

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

Тема 11: Реализация GUI в языке Python.

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

Тема 12: Работа с графическими файлами.

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

Тема 13: Работа с компьютерными сетями

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

Тема 14: Параллельное программирование.

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

Рекомендуемая тематика практических занятий:

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

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

Тема 2: Базовые типы данных языка Python.

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

Тема 3: Условия и циклы.

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

Тема 4: Функции. Lambda- выражения.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с функциями

Тема 5: Структуры данных.

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

Тема 6: Модули.

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

Тема 7: Классы, ООП.

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

Тема 8: Исключения и их обработка.

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

Тема 9: Стандартные библиотеки языка Python.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу со стандартными библиотеками языка Python.

Тема 10: Библиотеки для работы с математикой.

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

Тема 11: Реализация GUI в языке Python.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей работу с Tkinter

Тема 12: Работа с графическими файлами.

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

Тема 13: Работа с компьютерными сетями

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

Тема 14: Параллельное программирование.

Вопросы для обсуждения: Написание программы, демонстрирующей параллельное программирование

Требования к самостоятельной работе студентов

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

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

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

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

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю

уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Общее понятие о программировании. Виды языков программирования. Язык Python.	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Базовые типы данных языка Python	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Условия и циклы	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Функции. Lambda- выражения	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Структуры данных	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1;	Написание и проверка контрольной программы

	ОПК-4.2	
Модули	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Классы, ООП.	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Исключения и их обработка	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Стандартные библиотеки языка Python	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Библиотеки для работы с математикой	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Реализация GUI в языке Python	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Работа с графическими файлами	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Работа с компьютерными сетями	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Параллельное программирование	ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы

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

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

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

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

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

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

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

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

Тема 8. Исключения и их обработка. Создать программу, которая ищет в файле самое

большое число. Программа должна корректно обрабатывать все возможные проблемы чтения из файла при помощи исключений.

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

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

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

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

Тема 13. Работа с компьютерными сетями. Создать программу, которая ищет в файле самое большое число. Файл должен быть считан с web- сервера в интернете.

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

8.3 Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

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

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

1. Гуриков, С. Р. Основы алгоритмизации и программирования на Python: учебник / С. Р. Гуриков. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 352 с. — (Высшее образование: Бакалавриат).

— ISBN 978-5-16-102278-8. — Текст: электронный // Знаниум: [сайт]. — URL: <https://znaniium.com/catalog/document?id=379975>.

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

Дополнительная литература

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными

компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

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

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

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

4.6. Программа дисциплины «Дифференциальные и интегральные уравнения»

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

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные понятия и методы теории дифференциальных уравнений, включая классификацию и методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений первого и высших порядков, линейные и нелинейные уравнения, краевые задачи, а также основные теоремы о существовании и единственности решений. Уметь: классифицировать дифференциальные уравнения по типу, определять применимые методы решения, находить аналитические и численные решения уравнений первого порядка, уравнений высших порядков, допускающих понижение порядка, линейных однородных и неоднородных уравнений второго порядка, а также уравнений с граничными условиями. Владеть: навыками применения методов дифференциальных уравнений для решения физических задач, включая моделирование динамических систем, решение задач механики, электродинамики и других разделов физики, использующих дифференциальные модели, а также методами построения решений и

		анализа их устойчивости.
ОПК-4. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий и математических методов.	ОПК-4.1. Проводит математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения.	Знать: современные методы численного решения дифференциальных уравнений и их реализацию в программных средах, а также возможности использования вычислительных инструментов для моделирования физических процессов, описываемых дифференциальными моделями. Уметь: проводить математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения, включая численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений различных типов, анализ решений и их интерпретацию в контексте физической задачи. Владеть: навыками применения программных средств для численного решения дифференциальных уравнений, методами визуализации полученных решений, способами обработки и интерпретации результатов моделирования физических процессов с использованием современных информационных технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в теорию обыкновенных дифференциальных уравнений. Уравнения с разделяющимися переменными	Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Общие и частные решения. Задача Коши. Уравнения с разделяющимися переменными.
2.	Однородные дифференциальные уравнения первого порядка	Однородные дифференциальные уравнения в дифференциалах. Однородные дифференциальные уравнения нормального вида.
3.	Линейные дифференциальные уравнения первого порядка и сводящиеся к ним	Определение линейного дифференциального уравнения первого порядка. Метод Бернулли. Метод Лагранжа. Уравнение Бернулли. Уравнение Риккати.
4.	Уравнения в полных дифференциалах	Теорема о необходимом и достаточном условии для существования полного дифференциала. Метод решения уравнения в полных дифференциалах.
5.	Уравнения с интегрирующим множителем	Лемма об интегрирующем множителе. Алгоритм нахождения интегрирующего множителя в случае, когда искомый множитель зависит только от одной переменной.
6.	Уравнения, неразрешённые относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.	Понятие особого решения дифференциального уравнения первого порядка. Уравнение Клеро. Задачи, в которых возникает уравнение Клеро. Уравнение Лагранжа.
7.	Основные определения теории дифференциальных уравнений высших порядков	Понятие дифференциального уравнения n-ого порядка. Лемма об эквивалентности уравнения n-го порядка системе из n уравнений первого порядка. Общее и частное решения

		дифференциального уравнения n -го порядка.
8.	Уравнения, допускающие понижение порядка	Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от неизвестной функции и от её первых k производных. Задача о терминальной скорости. Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от независимой переменной. Задача о гармоническом осцилляторе. Дифференциальные уравнения, однородные по неизвестной функции и всем её производным.
9.	Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка	Понятие линейного дифференциального уравнения второго порядка. Свойства решения однородного линейного дифференциального уравнения. Определитель Вронского и лемма о линейно независимых частных решениях линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка. Теорема об общем решении однородного дифференциального уравнения второго порядка. Решение однородного линейного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.
10.	Неоднородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка	Свойства общего решения неоднородных линейных дифференциальных уравнений. Метод вариации постоянных. Нахождение общего решения неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка о специальной правой частью.
11.	Введение в теорию дифференциальных уравнений с граничными условиями	Понятие граничного условия. Задача о колебаниях закрепленной струны.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

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

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

Тема 2: Однородные дифференциальные уравнения первого порядка.

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

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

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

Тема 4: Уравнения в полных дифференциалах.

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

Тема 5: Уравнения с интегрирующим множителем.

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

Тема 6: Уравнения, неразрешённые

относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.

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

Тема 7: Основные определения теории дифференциальные уравнения высших порядков.

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

Тема 8: Уравнения, допускающие понижение порядка.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от неизвестной функции и от её первых k производных. Задача о терминальной скорости. Дифференциальные уравнения, не зависящие явно от независимой переменной. Задача о гармоническом осцилляторе. Дифференциальные уравнения, однородные по неизвестной функции и всем её производным.

Тема 9: Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

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

Тема 10: Неоднородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

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

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

Вопросы для обсуждения: Понятие граничного условия.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

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

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

Тема 2: Однородные дифференциальные уравнения первого порядка.

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

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

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

Тема 4: Уравнения в полных дифференциалах.

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений в полных дифференциалах.

Тема 5: Уравнения с интегрирующим множителем.

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений с интегрирующим множителем.

Тема 6: Уравнения, неразрешённые

относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений Клеро и Лагранжа.

Тема 7: Основные определения теории дифференциальных уравнения высших порядков.

Вопросы для обсуждения: Решение простейших дифференциальных уравнений высшего порядка.

Тема 8: Уравнения, допускающие понижение порядка.

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

Тема 9: Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

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

Решение линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.

Тема 10: Неоднородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка.

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

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

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

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Особые точки автономных дифференциальных уравнений первого порядка. Фазовый портрет решения автономного уравнений. Понятие бифуркации. Фазовые портреты седло-узловой бифуркации и бифуркации типа «Вилка». Уравнения Фридмана для плоской вселенной, заполненной барионным веществом («холодная вселенная»), электромагнитным полем («горячая вселенная») и положительной вакуумной энергией («вселенная Де Ситтера»). Уравнения Фридмана для открытой и замкнутой вселенной, заполненных барионным веществом (либо электромагнитным полем). Демографическая модель Коротаева. Модель «информационной войны» по Михайлову. Уравнение Шрёдингера для частицы, находящейся в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Приближенное решение линейного дифференциального

уравнения методом разложения по полиномиальным рядам.

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

Уравнения с разделяющимися переменными. Однородные уравнения первого порядка. Линейные уравнения первого порядка. Уравнения Бернулли и Риккати. Уравнения в полных дифференциалах. Уравнения с интегрирующим множителем. Уравнения, неразрешённые относительно производной. Уравнения Клеро и Лагранжа. Понижение порядка для уравнений высших порядков. Однородные линейные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. Неоднородные линейные уравнения второго порядка. Простейшие краевые задачи.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Решение уравнений первого порядка. Решение уравнений в полных дифференциалах и с интегрирующим множителем. Анализ уравнений, не разрешённых относительно производной. Понижение порядка дифференциальных уравнений. Решение линейных однородных уравнений второго порядка. Решение линейных неоднородных уравнений второго порядка.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в теорию обыкновенных дифференциальных уравнений. Уравнения с разделяющимися переменными	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	
Однородные дифференциальные уравнения первого порядка	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Линейные дифференциальные уравнения первого порядка и сводящиеся к ним	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Уравнения в полных дифференциалах	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Уравнения с интегрирующим множителем	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	
Уравнения, неразрешённые относительно производной. Уравнение Клеро и уравнение Лагранжа.	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	
Основные определения теории дифференциальные уравнения высших порядков	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	
Уравнения, допускающие понижение порядка	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Однородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	
Неоднородные линейные дифференциальные уравнения второго порядка	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Введение в теорию дифференциальных	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	

уравнений с граничными условиями		

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

Задачи для контрольных работ

Примеры.

К теме 2. Однородные дифференциальные уравнения первого порядка

1. Найти общее решение

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

2. Найти общее решение

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

3. Решить задачу Коши

$$\begin{aligned} x^2 y' - xy - y^2 &= 4x^2 \\ y(1) &= 2 \end{aligned}$$

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

1. Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.
2. Уравнения с разделяющимися переменными и приводящиеся к ним.
3. Однородные дифференциальные уравнения.
4. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Метод Бернулли.
5. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Метод вариации произвольной постоянной.
6. Физические задачи, приводящие к линейным неоднородным дифференциальным уравнениям 1-го порядка и их решения.
7. Уравнение Бернулли. Уравнение Риккати.
8. Дифференциальные уравнения в полных дифференциалах.
9. Уравнение Клеро.
10. Уравнение Лагранжа.
11. Основные понятия теории обыкновенных дифференциальных уравнений высших порядков. Понятие частного и общего решений дифференциальных уравнений.
12. Сведение уравнений высших порядков к системе дифференциальных уравнений первого порядка. Постановка задачи Коши для таких уравнений.
13. Методы понижения порядка дифференциальных уравнений.

14. Структура решений линейных дифференциальных уравнений n -го порядка. Свойства решений.
15. Условия линейной независимости решений линейных однородных дифференциальных уравнений. Определитель Вронского и его свойства.
16. Метод вариации постоянных для линейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка.
17. Общее решение линейного однородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение и его корни.
18. Общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами и специальной правой частью. Случаи действительных и мнимых корней характеристического уравнения.
19. Общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами и специальной правой частью. Случай комплексных корней характеристического уравнения.
20. Физические задачи, приводящие к линейным неоднородным дифференциальным уравнениям второго порядка с постоянными коэффициентами.
21. Дифференциальные уравнения с граничными условиями. Колебания закрепленной струны.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

1. Жукова, Г. С. Дифференциальные уравнения: учебник / Г. С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 504 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-015970-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1072180>
2. Жукова, Г. С. Дифференциальные уравнения в примерах и задачах: учебное пособие / Г. С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 348 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1072182. — ISBN 978-5-16-015971-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1864884>

Дополнительная литература

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

4.7. Программа дисциплины «Теория функций комплексного переменного»

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

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные понятия теории функций комплексного переменного: комплексные числа и действия над ними, аналитические функции, условия Коши-Римана, интегральную теорему Коши, интегральную формулу Коши, ряды Тейлора и Лорана, теорию вычетов и их применение для вычисления интегралов. Уметь: выполнять операции с комплексными числами, дифференцировать и интегрировать функции комплексного переменного, раскладывать функции в ряды Тейлора и Лорана, вычислять вычеты функций в изолированных особых точках, применять теорию вычетов для вычисления определённых интегралов, в том числе в физических задачах. Владеть: методами применения теории функций комплексного переменного для решения физических задач, включая задачи электродинамики, квантовой механики и гидродинамики, использующие комплексный анализ, а также навыками вычисления интегралов с использованием вычетов и разложений в ряды.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

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

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

		контур с помощью вычетов. Основная теорема о вычетах. Вычисление интегралов от тригонометрических рациональных функций с помощью теории вычетов. Вычисление несобственных интегралов от рациональных функций с помощью теории вычетов. Лемма Жордана.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Комплексные числа и действия над ними.

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

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

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

Тема 3: Интегрирование функции комплексного переменного.

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

Тема 4: Ряды Тейлора и Лорана. Теория вычетов.

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

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Комплексные числа и действия над ними.

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

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

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

Тема 3: Интегрирование функции комплексного переменного.

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

Тема 4: Ряды Тейлора и Лорана. Теория вычетов.

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

Требования к самостоятельной работе студентов

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Комплексные числа и действия над ними.	ОПК-1.1; ОПК-1.2	Опрос, решение задач, контрольная работа
Функции комплексного переменного. Дифференцирование функции комплексного переменного.	ОПК-1.1; ОПК-1.2	Опрос, решение задач, Защита индивидуальных заданий
Интегрирование функции комплексного переменного.	ОПК-1.1; ОПК-1.2	Опрос, решение задач, контрольная работа
Ряды Тейлора и Лорана. Теория вычетов	ОПК-1.1; ОПК-1.2	Опрос, решение задач, контрольная работа

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

Примеры контрольных работ:

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

- Вычислить в алгебраической форме

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

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

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

- Найти все значения корня из комплексного числа

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

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

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

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

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень вопросов к экзамену:

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

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

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

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

Основная литература

1. Половинкин, Е. С. Теория функций комплексного переменного: учебник / Е. С.

Половинкин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2023. — 253 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1845987. — ISBN 978-5-16-017359-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1913992>

2. Ахтамова, С. С. Теория функций комплексного переменного: учебно-методическое пособие / С. С. Ахтамова, Е. К. Лейнартас, А. П. Ляпин. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2020. — 100 с. — ISBN 978-5-7638-4330-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1816573>

Дополнительная литература

1. Шабунин, М. И. Теория функций комплексного переменного: учебник для вузов / М. И. Шабунин, Ю. В. Сидоров. — Москва: Бином. Лаборатория знаний, 2013. — 246, [1] с. — ISBN 978-5-9963-0179-9. — Текст: непосредственный.

2. Свешников, А. Г. Теория функций комплексной переменной: учебник / А. Г. Свешников, А. Н. Тихонов. — 6-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 336 с. — ISBN 978-5-9221-0133-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/544573>

3. Коган, Е. А. Теория функций комплексной переменной и операционное исчисление: учебное пособие / Е. А. Коган, Г. С. Жукова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 180 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-015816-7. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1058888>

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

обеспечением, заявленным в п.11.

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

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

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

4.8. Программа дисциплины «Численные методы и математическое моделирование»

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

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные основы численных методов решения уравнений, систем, интерполяции, интегрирования, дифференцирования и дифференциальных уравнений, а также инструментарий библиотек для их реализации. Уметь: применять численные методы для решения физических задач, использовать библиотеки численных вычислений для моделирования процессов, обработки и визуализации данных. Владеть: навыками численного моделирования физических явлений, методами оценки точности решений и визуализации результатов.
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные	ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных	Знать: фундаментальные основы численных методов решения уравнений, систем, интерполяции, интегрирования,

научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	дифференцирования и дифференциальных уравнений, а также инструментарий библиотек для их реализации, достаточные для проектирования решения научно-исследовательских задач. Уметь: проектировать решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук, включая выбор и обоснование численных методов, разработку алгоритмов их реализации, проведение вычислений с использованием библиотек, обработку и интерпретацию результатов моделирования. Владеть: навыками применения численных методов для моделирования физических явлений, методами решения вычислительных задач с использованием библиотек научных вычислений, способами обработки и интерпретации численных данных, приёмами визуализации результатов и оценки точности численных решений, а также навыками интеграции численных методов в комплексные научные исследования.
ОПК-4. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий и математических методов.	ОПК-4.1. Проводит математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения. ОПК-4.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений.	Знать: численные методы решения уравнений, систем, интегрирования, дифференцирования и дифференциальных уравнений, а также инструментарий библиотек NumPy, SciPy, Matplotlib и других программных средств для их реализации, включая современные цифровые решения для моделирования и визуализации. Уметь: проводить математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного

		программного обеспечения, включая разработку алгоритмов на основе численных методов, обработку данных, визуализацию результатов и оценку точности решений, а также представлять результаты с использованием передовых цифровых и программных решений. Владеть: навыками работы с библиотеками научных вычислений и визуализации, методами численного моделирования физических явлений, способами обработки и интерпретации численных данных, приёмами создания наглядных представлений результатов и использования современных программных сред для решения профессиональных задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

№	Наименование раздела	Содержание раздела

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа:

Тема 1: Введение в понятие численных методов решения задачи.

Вопросы для обсуждения: Понятие численного метода, его место и роль в современной

вычислительной математике. Классификация численных методов: приближенные, итерационные, прямые. Погрешности вычислений: абсолютная, относительная, неустранимая, погрешность метода и вычислительная погрешность. Корректность вычислительной задачи: понятия устойчивости, сходимости и обусловленности.

Тема 2: Численное решение уравнений.

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

Тема 3: Численное решение СЛАУ

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

Тема 4: Интерполяция и экстраполяция. Сплайны.

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

Тема 5: Численное интегрирование.

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

Тема 6: Численное дифференцирование

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

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

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

Тема 8: Численное решение ОДУ

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

Тема 9: Введение в численное решение ДУ в ЧП.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий практических занятий:

Тема 1: Введение в понятие численных методов решения задачи.

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Численное решение уравнений.

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

Тема 3: Численное решение СЛАУ

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

Тема 4: Интерполяция и экстраполяция. Сплайны.

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

Тема 5: Численное интегрирование.

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

Тема 6: Численное дифференцирование

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

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

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

Тема 8: Численное решение ОДУ

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

Тема 9: Введение в численное решение ДУ в ЧП.

Вопросы для обсуждения: Написание программы для решения ДУ с ЧП

Требования к самостоятельной работе студентов

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

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в понятие численных методов решения задачи.	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Численное решение уравнений.	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Численное решение СЛАУ	ОПК-1.1; ОПК-1.2;	Написание и проверка контрольной программы

	ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	
Интерполяция и экстраполяция. Сплаины	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Численное интегрирование.	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Численное дифференцирование	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Библиотеки NumPy, SciPy, Matplotlib и их применение	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Численное решение ОДУ	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы
Введение в численное решение ДУ в ЧП	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-2.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Написание и проверка контрольной программы

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

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

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

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

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

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

Тема 5. Численное интегрирование

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

Тема 6. Численное дифференцирование

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

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

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

Тема 8. Численное решение ОДУ

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

Тема 9. Введение в численное решение ДУ в ЧП

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

8.3 Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Типы данных с плавающей запятой и операции с ними. Машинный ноль. Ошибки округления
2. Численное решение уравнений. Метод деления пополам. Метод Ньютона
3. Численное решение систем линейных уравнений. Метод Гаусса
4. Численное интегрирование. Метод прямоугольников. Метод трапеций.
5. Метод Симпсона
6. Численное дифференцирование
7. Аппроксимация. Линейная аппроксимация. Сплаины
8. Численное решение ОДУ. Явный и неявный методы Эйлера. Метод Хойна
9. Методы Рунге-Кутта
10. Численное решение дифференциальных уравнений в частных производных
11. Дискретное преобразование Фурье Numpy, Scipy, matplotlib

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

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

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

Основная литература

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

(Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0779-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896459>

Дополнительная литература

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

4.9. Программа дисциплины «Уравнения математической физики»

1. Наименование дисциплины: «Уравнения математической физики».

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат.	Знать: фундаментальные понятия и методы уравнений математической физики: классификацию дифференциальных уравнений в частных производных, методы решения краевых задач, интегральные преобразования, специальные функции, асимптотические методы и их применение для описания физических процессов. Уметь: применять математический аппарат для решения физических задач, включая постановку краевых задач для уравнений в частных производных, использование методов Фурье, Грина, интегральных преобразований, а также специальных функций для получения аналитических и численных решений. Владеть: навыками решения уравнений математической физики, описывающих процессы в различных разделах физики, методами анализа решений и их физической интерпретации, способами использования методов математической физики для моделирования физических явлений.
ОПК-4. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с	ОПК-4.1. Проводит математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения.	Знать: основные типы дифференциальных уравнений в частных производных, методы их решения, специальные функции, а также методы решения краевых задач и асимптотические методы,

использованием современных информационных технологий и математических методов.		используемые при математическом моделировании физических процессов. Уметь: проводить математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения, включая численное решение дифференциальных уравнений в частных производных, применение интегральных преобразований, использование специальных функций и реализацию методов решения краевых задач для моделирования физических явлений. Владеть: навыками применения аналитических и численных методов уравнений математической физики для решения физических задач, методами работы с программными средствами для решения дифференциальных уравнений в частных производных, способами интерпретации и визуализации полученных результатов, приёмами оценки точности решений.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации

преподавателем и занятия семинарского типа (семинары, практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Введение в методы математической физики.

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

Тема 2: Дифференциальные уравнения в частных производных.

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

Тема 3: Интегральные преобразования

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

Тема 4: Специальные функции.

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

Тема 5: Методы решения краевых задач.

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

Тема 6: Асимптотические методы

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

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в методы математической физики.

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

Тема 2: Дифференциальные уравнения в частных производных.

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

Тема 3: Интегральные преобразования

Вопросы для обсуждения: Вычисление прямых и обратных преобразований Фурье от простейших функций. Решение задачи Коши для уравнения теплопроводности на бесконечной прямой с помощью преобразования Фурье. Решение линейных дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа. Применение косинус- и синус-преобразований Фурье к задаче на полупрямой.

Тема 4: Специальные функции.

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

Тема 5: Методы решения краевых задач.

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

Тема 6: Асимптотические методы

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

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Предмет ММФ, классификация УРЧП, корректность задач, типы граничных условий. Вывод и свойства волнового уравнения, теплопроводности, уравнения Лапласа; метод характеристик; принцип суперпозиции. Определения и свойства преобразований Фурье, Лапласа, Меллина; их роль в решении дифференциальных уравнений. Гамма- и бета-функции; функции Бесселя, Неймана, Ханкеля; полиномы Лежандра: определения и основные соотношения. Постановка краевых задач; методы разделения переменных. Понятие асимптотических разложений; метод ВКБ; теория возмущений; асимптотика спецфункций.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Определение типа УРЧП, приведение к каноническому виду, запись начальных и граничных условий для физических задач. Решение волнового уравнения формулой Даламбера; решение уравнений теплопроводности и Пуассона методом разделения переменных. Вычисление прямых и обратных преобразований Фурье и Лапласа; решение задач Коши для теплопроводности и волнового уравнения. Вычисление гамма-функции; разложение решений в ряды по Бесселю и Лежандру; применение рекуррентных формул. Решение уравнения Лапласа в круге; построение функции Грина на отрезке; разложение по собственным функциям. Построение асимптотических разложений интегралов; применение метода ВКБ и метода малого параметра; асимптотика Бесселя.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация уравнений, понятие корректности, типы граничных условий. Формула Даламбера, метод разделения переменных для волнового уравнения и теплопроводности, свойства решений. Свойства интегральных преобразований, решение типовых дифференциальных уравнений с их помощью. Свойства специальных функций (ортogonalность, рекуррентные соотношения), разложение по ним. Алгоритмы методов разделения переменных, функций Грина, разложения по собственным функциям. Правила построения асимптотических рядов, условия применимости метода ВКБ и метода малого параметра.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории,

формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в методы математической физики	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Дифференциальные уравнения в частных производных	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Интегральные преобразования	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Специальные функции	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа
Методы решения краевых	ОПК-1.1;	Контрольная работа

задач	ОПК-1.2; ОПК-4.1	
Асимптотические методы	ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-4.1	Контрольная работа

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

Контрольная работа №1: Введение в методы математической физики

Вопросы:

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

Контрольная работа №2: Дифференциальные уравнения в частных производных

Задачи:

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

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Тема 1: Введение в методы математической физики

1. Что такое математическая физика и какие задачи она решает?
2. Какие основные понятия и принципы используются в методах математической физики?
3. Приведите примеры задач, которые решаются методами математической физики.
4. Как методы математической физики применяются в различных областях физики?

5. Какие ограничения и допущения существуют при использовании методов математической физики для решения физических задач?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

Дополнительная литература

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

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

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

4.10. Программа дисциплины «Искусственный интеллект и машинное обучение»

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

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

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: фундаментальные понятия и методы искусственного интеллекта и машинного обучения: метрические классификаторы, алгоритмы кластеризации, деревья решений, линейные классификаторы, нейронные сети, а также исторические этапы развития ИИ и его влияние на развитие человеческой цивилизации. Уметь: решать задачи профессиональной деятельности через применение методов искусственного интеллекта и машинного обучения, включая выбор и реализацию алгоритмов классификации и кластеризации, построение и обучение нейронных сетей, анализ и обработку физических данных для извлечения знаний и решения прикладных задач. Владеть: навыками применения методов машинного обучения для решения фундаментальных и прикладных физических задач, способами построения прогностических моделей и классификаторов, приёмами анализа больших массивов данных с использованием современных инструментов ИИ, методами интеграции подходов искусственного интеллекта в

		научные исследования и технологические процессы.
ОПК-2. Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования, в том числе междисциплинарные, с применением фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	ОПК-2.2. Проектирует решение научно-исследовательской задачи на основе фундаментальных знаний и практических подходов из области физико-математических наук.	Знать: фундаментальные понятия и методы искусственного интеллекта и машинного обучения, а также этапы развития ИИ и его влияние на современную науку и технологии, достаточные для проектирования решения научно-исследовательских задач. Уметь: проектировать решение научно-исследовательских задач с использованием методов искусственного интеллекта и машинного обучения, включая обоснованный выбор алгоритмов, их настройку и оценку эффективности, интеграцию подходов ИИ в комплексные междисциплинарные исследования для обработки и анализа данных, построения прогнозных моделей и выявления закономерностей. Владеть: навыками применения методов машинного обучения для решения исследовательских задач в физике, методами работы с данными и их предварительной обработки, приёмами построения и обучения моделей на основе фундаментальных физических знаний, способами оценки и интерпретации результатов, а также навыками интеграции подходов искусственного интеллекта в научные исследования для анализа сложных физических систем и прогнозирования их поведения.
ОПК-3. Способен оценивать применимость знаний и методов из области физико-математических наук в различных областях жизнедеятельности с учетом комплексного подхода.	ОПК-3.1. Прогнозирует результаты использования знаний и методов из области физико-математических наук для решения задач в различных областях жизнедеятельности. ОПК-3.2. Выявляет взаимосвязи предлагаемых решений задач в различных областях жизнедеятельности с используемыми знаниями и методами из области физико-	Знать: возможности и ограничения методов искусственного интеллекта и машинного обучения для решения задач в различных областях жизнедеятельности, включая физику, биомедицину, инженерию, экономику и социальные науки, а также этапы развития ИИ и его влияние на современную цивилизацию. Уметь: оценивать применимость и прогнозировать результаты использования методов

	математических наук.	искусственного интеллекта и машинного обучения для решения конкретных задач в различных сферах, обосновывать выбор алгоритмов с учётом специфики проблемы и характера данных, выявлять взаимосвязи между предлагаемыми решениями на основе ИИ и фундаментальными физико-математическими методами. Владеть: навыками комплексного анализа применимости методов машинного обучения для решения задач в различных областях, способами прогнозирования эффективности использования алгоритмов ИИ, приёмами выявления связей между решениями задач с использованием ИИ и подходами из физико-математических наук, умением обосновывать выбор методов и интерпретировать полученные результаты в контексте конкретной области жизнедеятельности.
ОПК-4. Способен решать задачи и представлять результаты своей профессиональной деятельности с использованием современных информационных технологий и математических методов.	ОПК-4.1. Проводит математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения. ОПК-4.2. Представляет результаты решения задач профессиональной деятельности с использованием передовых цифровых и программных решений.	Знать: фундаментальные методы искусственного интеллекта и машинного обучения, а также этапы развития ИИ и его влияние на развитие человеческой цивилизации, достаточные для моделирования физических процессов и обработки данных. Уметь: проводить математические расчеты и моделирование физических процессов с использованием современного программного обеспечения, включая применение алгоритмов машинного обучения для анализа данных, построения прогнозных моделей и обработки результатов, а также представлять полученные результаты с использованием передовых цифровых и программных решений. Владеть: навыками применения методов машинного обучения для моделирования физических процессов, методами работы с данными и их предварительной

		обработки, приёмами построения и обучения моделей с использованием современных библиотек, способами визуализации и интерпретации результатов, а также навыками использования передовых цифровых решений для представления профессиональных результатов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации	Предмет и задачи машинного обучения и анализа данных. Основные принципы, задачи и подходы, использование в различных областях науки и индустрии. Основные этапы эволюции алгоритмов машинного обучения. Общий вид метрического классификатора. Алгоритм К ближайших соседей. Алгоритмы отбора эталонов. Алгоритмы кластеризации с фиксированным количеством кластеров. Алгоритмы кластеризации по плотности. Иерархическая кластеризация.
2.	Деревья решений,	Правила и анализ качества (точность, полнота).

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

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

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

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

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

Тема 3: Понятие об искусственном интеллекте.

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

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

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

Тема 5: Влияние ИИ на развитие человеческой цивилизации.

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

Рекомендуемая тематика практических занятий:

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

Вопросы для обсуждения: Признаки, вектора признаков. Объекты, классы. Классификация. Классификатор. Обучение, виды обучения "с учителем" и "без учителя".

Разбор примеров прикладных задач. Разбор примеров и решение задач по темам: линейная модель классификации, метод стохастического градиента, алгоритм Персептрона.

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

Вопросы для обсуждения: Основы метода опорных векторов. Случай линейно разделимой выборки. Случай линейно неразделимой выборки. Ядра и спрямляющие пространства.

Разбор примеров и решение задач. Метод наименьших квадратов. Непараметрическая регрессия: ядерное сглаживание. Линейная регрессия. Метод главных компонент. Разбор примеров и решение задач по этим темам.

Тема 3: Понятие об искусственном интеллекте.

Вопросы для обсуждения: Основы метода опорных векторов. Случай линейно разделимой выборки. Случай линейно неразделимой выборки. Ядра и спрямляющие пространства.

Разбор примеров и решение задач. Проблема полноты. Задача исключаящего "или". Вычислительные возможности двух- и трехслойных сетей. Метод обратного распространения ошибки. Изучение на лабораторном занятии алгоритма построения нейронных сетей.

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

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

Тема 5: Влияние ИИ на развитие человеческой цивилизации.

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

Требования к самостоятельной работе студентов

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

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

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

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Типы задач. Метрические классификаторы. Алгоритмы кластеризации	ОПК-1.3; ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Тестирование
Деревья решений, линейные классификаторы. Нейронные сети	ОПК-1.3; ОПК-2.2; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-4.1; ОПК-4.2	Тестирование

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

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

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

- Препроцессинг. Масштабирование. Нормировка. Полиномиальные признаки. One-hot encoding.
- Кластеризация. kMeans, MeanShift, DBSCAN, Affinity Propagation.

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

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать 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. Лимановская, О. В. Основы машинного обучения: учебное пособие / О. В. Лимановская, Т. И. Алферьева. — 2-е изд., стер. — Москва: ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2022. — 88 с. — ISBN 978-5-9765-5006-3 (ФЛИНТА); ISBN 978-5-7996-3015-7 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст: электронный // Znanium: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1891377>
2. Коэльо, Луис Педро. Построение систем машинного обучения на языке Python / Луис Педро Коэльо, Вилли Ричарт; перевод с английского А. А. Слинкина. — 2-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2016. — 302 с. — ISBN 978-5-97060-330-7. — Текст: электронный // Znanium: [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1027824>

Дополнительная литература

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Общая и теоретическая физика»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

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

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград
2026

Лист согласования

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

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

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

Юров А. В.

Содержание

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

1.Название модуля: «Общая и теоретическая физика»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

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

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

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

2.2. Образовательные результаты выпускника

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

		навыками работы с физическими приборами и оборудованием;

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

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

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

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Механика».

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

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

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

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

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

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

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Пространство и время.

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

Тема 2: Кинематика материальной точки.

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

Тема 3: Динамика материальной точки.

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

Тема 4: Динамика систем материальных точек.

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

Тема 5: Динамика абсолютно твердого тела.

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

Тема 6: Колебательное движение.

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

Тема 7: Волны.

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

Тема 8: Кинематика теории относительности.

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

Тема 9: Динамика теории относительности.

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

Тема 10: Деформации и напряжения.

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

Тема 11: Элементы акустики.

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

Тема 12: Неинерциальные системы отсчета.

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

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Пространство и время.

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

Тема 2: Кинематика материальной точки.

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

Тема 3: Динамика материальной точки.

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

Тема 4: Динамика систем материальных точек.

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

Тема 5: Динамика абсолютно твердого тела.

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

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

Тема 6: Колебательное движение.

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

Тема 7: Волны.

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

Тема 8: Кинематика теории относительности.

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

Тема 9: Динамика теории относительности.

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

Тема 10: Деформации и напряжения.

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

Тема 11: Элементы акустики.

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

Тема 12: Неинерциальные системы отсчёта.

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

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

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

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

Требования к самостоятельной работе студентов

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

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

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

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

Типовые тестовые задания:

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

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

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

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Работа № 3. Изучение кинематики поступательного движения на машине Атвуда

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

2. Сведения, необходимые для выполнения работы.

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться со следующими вопросами:

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

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

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

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

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

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

7. Почему найденное значение g отличается от табличного?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

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

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

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

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

Дополнительная литература

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

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

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

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

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

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Температура.

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

Тема 2: Молекулярно-кинетическая теория.

Вопросы для обсуждения: основные положения МКТ; идеальный газ; вывод основного уравнения МКТ; связь давления со средней кинетической энергией молекул; распределение молекул по скоростям (Максвелл).

Тема 3: Первое начало термодинамики.

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

Тема 4: Второе начало термодинамики.

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

Тема 5: Неидеальные газы.

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

Тема 6: Фазовые превращения.

Вопросы для обсуждения: фазовые равновесия; диаграммы состояния (P – T); тройная точка; уравнение Клапейрона — Клаузиуса; фазовые переходы первого и второго рода; парообразование и конденсация; испарение и кипение; насыщенный и ненасыщенный пар; влажность воздуха.

Тема 7: Жидкости. Поверхностные явления.

Вопросы для обсуждения: структура жидкостей; поверхностное натяжение; коэффициент поверхностного натяжения; смачивание и несмачивание; капиллярные явления; формула Лапласа (дополнительное давление под искривлённой поверхностью); капиллярный подъём.

Тема 8: Кинетические явления.

Вопросы для обсуждения: явления переноса в газах; диффузия; закон Фика; теплопроводность; закон Фурье; вязкость (внутреннее трение); закон Ньютона для вязкости; средняя длина свободного пробега; коэффициент переноса; взаимосвязь кинетических коэффициентов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Температура.

Вопросы для обсуждения: перевод значений температуры в различные шкалы; расчёт термометрических параметров; определение цены деления и погрешности термометров; построение температурных шкал по реперным точкам.

Тема 2: Молекулярно-кинетическая теория.

Вопросы для обсуждения: расчёт давления и концентрации молекул; определение средней квадратичной, наиболее вероятной и средней арифметической скоростей; применение распределений Максвелла и Больцмана; расчёт числа степеней свободы и внутренней энергии.

Тема 3: Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: расчёт работы, теплоты и изменения внутренней энергии в изопроцессах; анализ адиабатического процесса; определение теплоёмкости газов; решение задач на смешение газов.

Тема 4: Второе начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: расчёт изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах; определение КПД цикла Карно и других циклов; оценка максимальной работы; задачи на направление тепловых процессов.

Тема 5: Неидеальные газы.

Вопросы для обсуждения: расчёт давления и объёма по уравнению Ван-дер-Ваальса; определение критических параметров; построение и анализ изотерм реального газа;

расчёт поправок на собственный объём молекул и сил притяжения.

Тема 6: Фазовые превращения.

Вопросы для обсуждения: расчёт количества теплоты при фазовых переходах; определение параметров тройной точки; применение уравнения Клапейрона — Клаузиуса; решение задач на влажность воздуха (точка росы, абсолютная и относительная влажность).

Тема 7: Жидкости. Поверхностные явления.

Вопросы для обсуждения: расчёт поверхностного натяжения; определение высоты капиллярного подъёма; расчёт дополнительного давления Лапласа для сферических и цилиндрических поверхностей; оценка работы образования поверхности.

Тема 8: Кинетические явления.

Вопросы для обсуждения: явления переноса.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Первое начало термодинамики	Лабораторная работа № 13. Измерение соотношения C_p/C_v воздуха. Лабораторная работа № 14. Изучение изобарного процесса. Лабораторная работа № 15. Изучение изохорного процесса. Лабораторная работа № 16. Изучение изотермического процесса.
2	Второе начало термодинамики.	Лабораторная работа № 17. Определение теплопроводности воздуха.
3	Жидкости. Поверхностные явления.	Лабораторная работа № 18. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Температура: термодинамическое равновесие, температурные шкалы, абсолютный нуль. Молекулярно-кинетическая теория: основное уравнение МКТ, распределения Максвелла и Больцмана, число степеней свободы, закон равнораспределения энергии. Первое начало термодинамики: внутренняя энергия, работа, теплота, теплоёмкости, применение к изопроцессам и адиабатическому процессу. Второе начало термодинамики: энтропия, принцип её возрастания, цикл и теорема Карно, термодинамическая вероятность, формула Больцмана. Неидеальные газы: уравнение Ван-дер-Ваальса, критическое состояние, эффект Джоуля — Томсона. Фазовые превращения: диаграммы состояния, уравнение Клапейрона — Клаузиуса, фазовые переходы первого и второго рода. Жидкости и поверхностные явления: поверхностное натяжение, смачивание, капиллярные явления, формула Лапласа. Кинетические явления: диффузия, теплопроводность, вязкость, средняя длина свободного пробега, коэффициенты переноса.

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

давления, концентрации, средней кинетической энергии молекул идеального газа.

Определение средней квадратичной, наиболее вероятной и средней арифметической скоростей молекул. Расчёт внутренней энергии, работы, теплоты в изопроцессах и адиабатическом процессе. Вычисление изменения энтропии в обратимых и необратимых процессах. Определение КПД цикла Карно и других термодинамических циклов. Решение задач на уравнение Ван-дер-Ваальса и определение критических параметров. Расчёт теплоты фазовых переходов и применение уравнения Клапейрона — Клаузиуса. Задачи на влажность воздуха (абсолютная и относительная влажность, точка росы). Расчёт поверхностного натяжения, высоты капиллярного подъёма, дополнительного давления Лапласа. Определение коэффициентов диффузии, теплопроводности и вязкости газов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Распределения Максвелла и Больцмана. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам и адиабатическому процессу. Расчёт изменения энтропии и КПД тепловых двигателей. Уравнение состояния идеального газа и реального газа (Ван-дер-Ваальса). Фазовые равновесия и фазовые переходы. Поверхностное натяжение и капиллярные явления. Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость).

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Температура.	ОПК-1	Тестирование
Молекулярно-кинетическая теория.	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Первое начало термодинамики.	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Второе начало термодинамики.	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Неидеальные газы.	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Фазовые превращения.	ОПК-1	Тестирование, решение задач
Жидкости. Поверхностные явления.	ОПК-1	Тестирование, выполнение и защита лабораторных работ, решение задач
Кинетические явления.	ОПК-1	Тестирование, решение задач

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

Типовые тестовые задания:

Укажите утверждение, относящееся к основному положению молекулярно-кинетической теории: 1) для данной массы газа при неизменной температуре произведение давления газа на его объём постоянно; 2) молекулы вещества находятся в хаотическом тепловом движении; 3) в равных объёмах газов при одинаковых температурах и давлениях содержится одинаковое число молекул; 4) на каждую степень свободы молекулы в среднем приходится энергия, равная $kT/2$.
Газ, совершив цикл, вернулся в первоначальное состояние. При этом изменение его внутренней энергии ... 1) $\Delta U > 0$; 2) $\Delta U < 0$; 3) $\Delta U = 0$; 4) $\Delta U = A$.
С помощью кипятильника мощностью 300 Вт не удастся довести до кипения воду массой 1,2 кг из-за теплообмена с окружающей средой. Когда температура воды перестает увеличиваться, кипятильник выключают. На сколько понизится температура воды за следующую минуту? 1. На $7,5^{\circ}$. 2. На $5,4^{\circ}$. 3. На $2,8^{\circ}$. 4. На $3,6^{\circ}$.
При неизменной концентрации частиц идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 3 раза. При этом давление газа 1) уменьшилось в 3 раза. 2) увеличилось в 3 раза 3) увеличилось в 9 раз. 4) не изменилось
Кипение жидкости происходит при температуре ... 1) 100°C. 2) при которой давление насыщенных паров жидкости равно внешнему давлению на свободную поверхность жидкости. 3) при которой гидростатическое давление жидкости на дно сосуда равно внешнему давлению на свободную поверхность жидкости. 4) при которой жидкость переходит в пар.

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

1. Определите наименьшее возможное давление идеального газа в процессе,

$$T = T_0 + aV^2$$

происходящем по закону: , где T_0 и a – положительные постоянные, V – объем моля газа.

2. В некотором объеме находится 1 моль идеального газа. Определите число молекул ΔN , скорость которых меньше $0,001v_{\text{вер}}$.

3. Высокий цилиндрический сосуд с азотом находится в однородном поле силы тяжести, ускорение свободного падения в котором равно g . Температура азота изменяется по высоте так, что его плотность всюду одинакова. Найдите градиент

$$dT/dh$$

температуры

4. Газ из жестких двухатомных молекул, находившийся при нормальных условиях, адиабатически сжали в $\eta = 5$ раз по объему. Найдите среднюю кинетическую энергию вращательного движения молекулы в конечном состоянии.
5. Состояние одного моля газа изменяется по замкнутому циклу, состоящему из двух изобарических процессов и двух изохорических. В состоянии 1 температура газа $T_1 = 100$ К, в состоянии 3 температура равна $T_3 = 400$ К. В состояниях 2 и 4 температуры одинаковы. Определите работу, совершенную газом за цикл. Найдите изменение внутренней энергии и количество теплоты, полученное газом за цикл. Считать показатель адиабаты $\gamma = 1,4$.

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Работа № 13. Измерение соотношения C_p/C_v воздуха

1. Цель работы

Получение навыков экспериментального измерения соотношения C_p/C_v для воздуха.

2. Сведения, необходимые для выполнения работы

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться со следующими вопросами:

1. Дайте определение теплоёмкости.
2. Выведите формулу Пуазейля.
3. Получите формулу для определения удельной теплоёмкости воздуха.
4. Поясните связь между теплоемкостями C_p и C_v .
5. Объясните суть метода определения удельной теплоёмкости

воздуха.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Молекулярная физика и термодинамика. Понятие температуры. Тепловое и термодинамическое равновесие. Общее (нулевое) начало термодинамики. Тепловое равновесие и температура
2. Температурная шкала. Эмпирическая температурная шкала. Термометрическое тело. Температурный параметр. Градуировка термометра. Шкала Цельсия. Закон Шарля. Абсолютная температурная шкала. Абсолютный нуль температур. Виды термометров
3. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ). Экспериментальное подтверждение основных положений МКТ: броуновское движение, диффузия, опыты Штерна. Принцип работы атомно-силового микроскопа. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда – Джонса. Атомная единица массы. Относительная молекулярная масса. Моль. Число Авогадро. Молярная масса
4. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ). Экспериментальное подтверждение основных положений МКТ: броуновское движение, диффузия, опыты Штерна. Принцип работы электронного микроскопа. Силы Ван-дер-Ваальса. Потенциал Леннарда – Джонса. Атомная единица массы. Относительная молекулярная масса. Моль. Число Авогадро. Молярная масса
5. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов. Среднеквадратичная скорость молекул идеального газа. Молекулярно-кинетический смысл абсолютной температуры идеального газа
6. Идеальный газ во внешнем поле. Барометрическая формула. Зависимость концентрации молекул идеального газа от высоты в однородном поле силы тяжести. Распределение Больцмана
7. Распределение молекул идеального газа по значениям проекции скорости на координатную ось. Функция распределения молекул идеального газа по значениям проекции скорости на координатную ось. Условие нормировки функции Максвелла $\varphi(v_z)$. Свойства функции $\varphi(v_z)$
8. Распределение молекул идеального газа по модулю скорости. Функция распределения молекул по скоростям $f(v_x, v_y, v_z)$. Функция распределения молекул идеального газа по модулю скорости. Свойства функции Максвелла $F(v)$. Наиболее вероятная скорость
9. Распределение молекул идеального газа по модулю скорости. Функция распределения молекул по скоростям $f(v_x, v_y, v_z)$. Функция распределения молекул идеального газа по модулю скорости. Свойства функции Максвелла $F(v)$
10. Термодинамическая система. Термодинамические параметры. Трехпараметрическая термодинамическая системы. Равновесное и неравновесное состояния термодинамической системы. Время релаксации. Термодинамические процессы. Равновесные и неравновесные термодинамические процессы. Обратимые и необратимые термодинамические процессы.

Уравнение состояния термодинамической системы. Основное термодинамическое тождество. Термодинамические коэффициенты

11. Элементарная работа термодинамической системы. Работа термодинамической системы в конечном процессе. Работа в круговом процессе. Зависимость работы термодинамической системы от вида процесса. Работа идеального газа в изохорном, изобарном и изотермическом процессах

12. Внутренняя энергия термодинамической системы. Понятие адиабатически изолированной термодинамической системы. Основное свойство адиабатически изолированной термодинамической системы. Определение внутренней энергии в термодинамике. Свойства внутренней энергии. Теплообмен. Количество теплоты. Первое начало термодинамики

13. Теплоемкость термодинамической системы (теплоемкость тела). Молярная и удельная теплоемкости. Зависимость теплоемкости термодинамической системы от вида процесса. теплоемкость термодинамической системы в произвольном процессе. Закон Джоуля. Уравнение Майера

14. Адиабатический процесс. Уравнение адиабатического процесса для идеального газа. Теплоемкость и работа идеального газа в адиабатическом процессе

15. Политропический процесс. Уравнение политропического процесса для идеального газа. Отрицательная теплоемкость термодинамической системы

16. Понятие кругового процесса (цикла). Обратимые и необратимые круговые процессы. Циклы тепловой и холодильной машин. Характеристики циклов тепловой и холодильной машин. Коэффициент полезного действия тепловой машины. Холодильный коэффициент

17. Паровая машина. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно. Обратимость цикла Карно

18. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно (без вывода формулы). Обратимость цикла Карно. Цикл Стирлинга. Принцип работы тепловой машины Стирлинга. Коэффициент полезного действия цикла Стирлинга

19. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно (без вывода формулы). Обратимость цикла Карно. Двигатель внутреннего сгорания. Цикл Отто. Коэффициент полезного действия цикла Отто

20. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно (без вывода формулы). Обратимость цикла Карно. Двигатель Дизеля

21. Второе начало термодинамики (по Клаузиусу и по Томсону). Второе начало термодинамики и вечный двигатель второго рода. Теорема Карно о коэффициенте полезного действия обратимого цикла (первая теорема Карно)

22. Теорема Карно о коэффициенте полезного действия обратимого цикла (первая теорема Карно, без доказательства). Следствия первой теоремы Карно: коэффициент полезного действия произвольной тепловой машины Карно; приведенная теплота обратимого цикла тепловой машины, связанной с двумя тепловыми резервуарами; построение абсолютной температурной шкалы. Свойства абсолютной температурной шкалы. Абсолютный нуль температур

23. Вторая теорема Карно. Неравенство Клаузиуса для случая тепловой машины, обменивающейся теплотой с двумя тепловыми резервуарами

24. Вторая теорема Карно (без доказательства). Неравенство Клаузиуса

25. Приведенная теплота произвольного обратимого кругового процесса. Свойство приведенной теплоты произвольного обратимого кругового процесса. Энтропия термодинамической системы. Энтропия идеального газа
26. Энтропия термодинамической системы. Изменение энтропии в произвольном процессе. Закон возрастания энтропии. Расширение идеального газа в вакуум. Парадокс Гиббса
27. Энтропия термодинамической системы. Изменение энтропии в произвольном процессе. Закон возрастания энтропии. Пример необратимого процесса: тепловой контакт тел при разных температурах. Основное уравнение термодинамики. Основное термодинамическое неравенство
28. Понятия макро- и микросостояния Термодинамической системы. Статистический вес макросостояния термодинамической системы. Вероятность макросостояния термодинамической системы. Вероятностный подход к объяснению необратимости расширения идеального газа в вакуум. Тепловые флуктуации. Формула Больцмана
29. Функция состояния термодинамической системы. Термодинамические потенциалы. Внутренняя энергия термодинамической системы. Свободная энергия
30. Функция состояния термодинамической системы. Термодинамические потенциалы. Термодинамический потенциал Гиббса. Энтальпия
31. Третье начало термодинамики (теорема Нернста). Энтропия тела при заданной температуре. Справедливость теоремы Нернста. Первое следствие теоремы Нернста: теплоемкость тела при приближении к абсолютному нулю температур. Второе следствие теоремы Нернста: поведение коэффициента теплового расширения при абсолютном нуле температур
32. Третье начало термодинамики (теорема Нернста). Энтропия тела при заданной температуре. Справедливость теоремы Нернста. Первое следствие теоремы Нернста: теплоемкость тела при приближении к абсолютному нулю температур. Второе следствие теоремы Нернста: поведение термического коэффициента давления при абсолютном нуле температур
33. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Модель газа Ван-дер-Ваальса. Понятие радиуса молекулярного действия. Ван-дер-ваальсовы силы. Физический смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса.
34. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Модель газа Ван-дер-Ваальса. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса.
35. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Модель газа Ван-дер-Ваальса. Понятие радиуса молекулярного действия. Ван-дер-ваальсовы силы. Физический смысл поправок в уравнении Ван-дер-Ваальса. Энтропия газа Ван-дер-Ваальса.
36. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Спинодаль. Критическая точка. Критические параметры. Жидкая и газообразная фазы на диаграмме Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Метастабильные состояния: переохлажденный пар и перегретая жидкость
37. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Жидкая и газообразная фазы на диаграмме Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Метастабильные состояния: переохлажденный пар и перегретая жидкость. Правило Максвелла. Правило рычага.
38. Понятия фазы и фазового перехода. Фазовый переход первого рода. Фазовый переход второго рода. Условия фазового равновесия в двухфазной гетерогенной системе. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Кривые фазового равновесия. Диаграмма состояния.

Критическая точка. Тройная точка. Сопоставление изотерм реального газа с изотермами на диаграмме состояний. Диаграмма состояния гелия.

39. Кинетические процессы. Явления переноса. Понятие потока физической величины. Градиент физической величины. Уравнения диффузии (закон Фика). Коэффициент диффузии. Уравнение теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности. Уравнение вязкости (закон Ньютона). Коэффициент вязкости.

40. Понятия эффективного диаметра и эффективного сечения соударения молекулы. Средняя длина свободного пробега молекулы. Уравнения диффузии (закон Фика). Коэффициент диффузии. Коэффициент диффузии идеального газа.

41. Понятия эффективного диаметра и эффективного сечения соударения молекулы. Средняя длина свободного пробега молекулы. Уравнение теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности идеального газа.

42. Понятия эффективного диаметра и эффективного сечения соударения молекулы. Средняя длина свободного пробега молекулы. Уравнение вязкости (закон Ньютона). Коэффициент вязкости. Коэффициент вязкости идеального газа.

43. Поверхностное натяжение. Понятие радиуса молекулярного взаимодействия. Коэффициент поверхностного натяжения. Свободная энергия жидкости. Сила, действующая на поверхность жидкости. Удельная теплота изотермического процесса увеличения поверхности жидкости.

44. Поверхностное натяжение. Понятие радиуса молекулярного взаимодействия. Коэффициент поверхностного натяжения. Формула Лапласа. Избыточное давление в капле жидкости и в заполненном воздухом мыльном пузыре.

45. Поверхностные явления. Явления на границе раздела твердое тело – жидкость – газ. Краевой угол. Частичное и полное смачивание и несмачивание. Капиллярные явления. Высота поднятия жидкости в капилляре.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

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

10.12737/textbook_5ad4b0fd3ee963.26468696. — ISBN 978-5-16-013262-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1679516>

Дополнительная литература

1. Физика. Практикум по решению задач: учеб. пособие / Л. Л. Гладков [и др.]. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014. — 282 с.: табл. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-8114-1535-9
2. Грабовский Р. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Р. И. Грабовский. — 12-е изд., стер. — СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2012. — 607 с.: ил. — (Учебник для вузов. Специальная литература). — Предм. указ.: с. 597-601. — ISBN 978-5-8114-0466-7
3. Трофимова Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. — 18-е изд., стер. — Москва: Академия, 2010. — 557, [1] с.: ил. — (Высшее профессиональное образование). — Предм. указ.: с. 537-549. — ISBN 978-5-7695-7601-0
4. Элементарный учебник физики: в 3 т. / под ред. Г. С. Ландсберга. — 13-е изд. — М.: Физматлит, 2003. — Т. 1: Механика. Теплота. Молекулярная физика. — 607 с. — Библиогр.: с. 607. — ISBN 5-9221-0348-2. — Текст: непосредственный.
5. Савельев И. В. Курс физики: учебник: в 3 т. / И. В. Савельев. — СПб.: Мифрил, 1996. — Т. 1: Механика. Молекулярная физика. — 304 с. — ISBN 5-56457-015-X. — ISBN 5-86457-018-4. — Текст: непосредственный.
6. Ландау Л. Д. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика: [Для втузов] / А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц, Л. Д. Ландау. — 2-е изд., испр. — М.: Наука, 1969. — 399 с.
7. Умов Н. А. Курс физики: лекции / проф. Н. А. Умов. — Т. 1: Механика - Молекулярная физика - Теплота. — Москва: Тип. О. Л. Сомовой, 1907. — 447 с. — Текст: электронный.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления

образовательного процесса по дисциплине.

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

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

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

Аудитория 226 «Лаборатория механики и молекулярной физики»

Состав лабораторного оборудования: лабораторная установка «Измерение соотношения C_p/C_v воздуха»; лабораторная установка «Изучение изобарного процесса»; лабораторная установка «Изучение изотермического процесса»; лабораторная установка «Изучение изохорного процесса»; лабораторная установка «Определение теплопроводности воздуха»; лабораторная установка «Определение скорости звука»; лабораторная установка «Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости».

Персональный компьютер с параметрами - Intel Core I3-3220, 3.3 GHz, 4Gb RAM, 1 Tb HDD, 21,5", keyboard, Mouse, LAN, Internet access. Операционная система MS Windows 10 Home № договора Б-00388960 от 17.12.2018 (бессрочно) МОЙ ОФИС Профессиональный корп.академ. № договора 272-ЛД (бессрочно).

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

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

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

3. Наименование дисциплины: «Электричество и магнетизм».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний основных понятий и законов электричества и магнетизма, теоретических основ электромагнетизма в их связи с другими разделами физики и техники, а также навыков проведения экспериментальных исследований электрических и магнитных явлений.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен	ОПК-1.1. Демонстрирует	Знать: фундаментальные законы

использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	природы, основные физические законы, методы накопления, передачи и обработки информации в области электричества и магнетизма. Уметь: применять физические законы для решения задач профессиональной деятельности в области электричества и магнетизма. Владеть: теоретическими и экспериментальными исследованиями объектов профессиональной деятельности в области электричества и магнетизма.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электричество и магнетизм» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.	Классификация физических взаимодействий и структура вещества. Элементарные частицы, их индивидуальные и коллективные свойства. Лептоны, адроны, мезоны, кварки. Фотон и другие бозоны. Классическая и квантовая статистики. Стандартная модель строения вещества.

		Объединение электромагнитного и слабого взаимодействий. Электрические заряды и токи. Дискретные и континуальные представления электричества. Сила тока, плотность тока. Плотность тока как поток носителей. Элемент тока. Закон сохранения заряда. Интегральная и дифференциальная форма уравнения непрерывности. Условие постоянства тока. Законы силового взаимодействия электрических зарядов и токов (законы Кулона и Ампера). Электрическая ϵ_0 и магнитная μ_0 постоянные. Границы применимости законов Кулона и Ампера. Принцип суперпозиции. Сила взаимодействия между линейными токами. Единица измерения силы тока – ампер. Эталон ампера.
2.	Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	Напряженность электрического поля $\vec{E}$. Индукция магнитного поля $\vec{B}$. Вычисление полей, создаваемых распределением зарядов и токов. Скалярный ϕ и векторный $\vec{A}$ потенциалы. Потенциал как энергетическая характеристика поля. Неопределенность потенциалов. Геометрическое изображение полей. Силовые линии и эквипотенциальные поверхности. Теоремы Гаусса и Стокса для электрических и магнитных полей. Монополь Дирака. Применение теорем Гаусса и Стокса для вычисления электрических и магнитных полей. Уравнение Пуассона. Граничные условия. Единственность решения уравнения Пуассона. Уравнение Лапласа. Электрический диполь и магнитный момент. Потенциал и напряженность поля электрического диполя. Векторный потенциал и индукция магнитного поля витка с током. Силы и моменты сил, действующих на диполь и виток с током в электрических и магнитных полях.
3.	Электрическое и магнитное поле в средах.	Поляризация и намагничивание сред. Вектор поляризации $\vec{P}$ и вектор намагничивания $\vec{M}$. Свободные и поляризационные заряды. Общие выражения для скалярного и векторного потенциала с учетом поляризации и намагничивания сред. Индукция электрического поля $\vec{D}$ и напряженность магнитного поля $\vec{H}$. Материальные уравнения Максвелла. Восприимчивости χ и проницаемости ϵ , μ веществ. Классификация диэлектриков и магнетиков. Кривая намагничивания и кривая поляризации. Гистерезис. Свойства ферромагнетиков и сегнетоэлектриков. Условия на границе раздела двух различных сред. Законы преломления.

4.	Электрический ток.	Вольт-амперная характеристика. Закон Ома для однородного проводника. Электропроводность. Сопротивление. Температурная зависимость электропроводности. Работа тока. Закон Джоуля-Ленца. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Потенциальные диаграммы. Закон Ома для неоднородного проводника и для замкнутой цепи. Электродвижущая сила. Сторонние силы. Электрический ток в средах. Электролиты, законы Фарадея. Виды газового разряда: тлеющий разряд, дуга, искра, молния. Ток в вакуумных приборах. Закон «трех вторых». Вольт-амперная характеристика диода. Ток насыщения. Электронные лампы. Электрический ток в неоднородных средах. Локализация зарядов. Моделирование электрических полей. Правила Кирхгофа. Расчет электрических цепей.
5.	Переменное электромагнитное поле.	Закон электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла. Общее выражение для напряженности электрического поля. Единица магнитного потока – вебер. Ток смещения. Соотношение между токами смещения и токами проводимости. Полная система уравнений Максвелла в неподвижной системе. Значение теории Максвелла. Преобразование полей.
6.	Энергия электромагнитного поля.	Закон сохранения энергии электромагнитного поля в неподвижных средах. Энергия магнитного поля. Энергия при намагничивании и размагничивании. Собственная энергия тока. Энергия электрического поля. Собственная энергия системы зарядов. Поток энергии. Вектор Пойнтинга. Элементы электрических цепей. Резисторы, конденсаторы, индуктивность. Взаимная индуктивность. Источники тока, режимы их работы. Коэффициент полезного действия. Согласование.
7.	Переменный ток. Электрические колебания.	Закон Ома для переменного тока. Последовательное и параллельное соединения R , L , C и ε . Полное сопротивление и полная проводимость. Комплексные амплитуды. Векторные диаграммы. Закон Ома для участка цепи. Резонанс напряжений и резонанс токов. Условия наблюдения резонанса. Резонансные характеристики. Работа и мощность переменного тока. Коэффициент мощности. Переходные процессы в электрических цепях: зарядка и разрядка конденсатора, установление и исчезновение тока в цепи с индуктивностью. Затухающие электрические колебания. Характеристики затухания. Добротность колебательного контура. Установление и затухание колебаний. Автоколебания. Генератор

		автоколебаний на триоде. Отрицательное сопротивление. Обратная связь. Условие самовозбуждения.
8.	Электромагнитные волны.	Классификация волн. Характеристики волновых процессов. Волновое уравнение. Волновая функция. Решение уравнений Максвелла для пустого пространства и для среды с источниками. Уравнения Гельмгольца и уравнения Даламбера. Плоские и сферические электромагнитные волны. Запаздывающие потенциалы. Свойства электромагнитных волн в изотропной среде: распространение, отражение и преломление, перенос энергии, давление
9.	Электронные явления.	Классическая электронная теория металлов. Природа электропроводности в различных средах. Энергетический спектр электронов в кристалле. Распределение Ферми. Уровень Ферми. Работа выхода. Зонная структура металлов, диэлектриков, чистых и легированных полупроводников. Контактные явления. Контактная разность потенциалов. Термоэлектродвижущая сила. Явление Пельтье. Полупроводниковые диоды и транзисторы. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Электронная природа ферро-, пара- и диамагнетизма. Теорема Лармора. Магнитный резонанс.
10.	Международная система единиц.	Принципы построения системы единиц СИ. Основные, дополнительные, производные единицы. Внесистемные единицы.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.

Вопросы для обсуждения: Классификация фундаментальных типов взаимодействий/

Тема 2: Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ подобия основных уравнений электростатики и магнитостатики и их решений.

Тема 3: Электрическое и магнитное поле в средах.

Вопросы для обсуждения: Сегнетоэлектрики и их применение в технике.

Тема 4: Электрический ток.

Вопросы для обсуждения: Основные виды газовых разрядов, условия их наблюдения и применение в технике.

Тема 5: Переменное электромагнитное поле.

Вопросы для обсуждения: Пределы применимости электромагнитной теории Максвелла и их обоснование.

Тема 6: Энергия электромагнитного поля.

Вопросы для обсуждения: Методы генерации и хранения электромагнитной энергии в технике.

Тема 7: Переменный ток. Электрические колебания.

Вопросы для обсуждения: Принципы действия и устройство электродвигателей и генераторов переменного тока.

Тема 8: Электромагнитные волны.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ методов генерации электромагнитных волн различных частотных диапазонов и особенностей их взаимодействия с веществом.

Тема 9: Электронные явления.

Вопросы для обсуждения: Датчики Холла и их применение в технике.

Тема 10: Международная система единиц.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ принципов построения системы и Гауссовой системы единиц измерения.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.

Вопросы для обсуждения: Исследование структуры стационарных электрических и магнитных полей в вакууме систем электрических зарядов и постоянных токов.

Тема 2: Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.

Вопросы для обсуждения: Применение уравнений электростатики и магнитостатики для расчета характеристик статических электрических и магнитных полей различных систем неподвижных электрических зарядов, постоянных электрических токов.

Тема 3: Электрическое и магнитное поле в средах.

Вопросы для обсуждения: Расчет статических электрических и магнитных полей посредством применения теорем Гаусса и Стокса.

Тема 4: Электрический ток.

Вопросы для обсуждения: Расчет электрического поля, создаваемого электрическим диполем, и магнитного поля, создаваемого магнитным диполем. Исследование поведения диполей во внешнем поле заданной структуры аналитически и посредством вычислений.

Тема 5: Переменное электромагнитное поле.

Вопросы для обсуждения: Расчет напряженности электрического поля, электрической индукции, и поляризованности в диэлектриках. Расчет напряженности, индукции магнитного поля, и намагниченности в магнетиках.

Тема 6: Энергия электромагнитного поля.

Вопросы для обсуждения: Вычисление характеристик постоянного электрического тока. Применение закона Ома и правил Кирхгофа для расчета электрических цепей постоянного тока.

Тема 7: Переменный ток. Электрические колебания.

Вопросы для обсуждения: Расчет энергии и плотности энергии электрического и магнитного поля конкретных систем.

Тема 8: Электромагнитные волны.

Вопросы для обсуждения: Расчет установления и исчезновения тока в цепях с катушками индуктивности и конденсаторами. Вычисление работы электрического тока по зарядке конденсатора и накоплению энергии магнитного поля в катушке индуктивности.

Тема 9: Электронные явления.

Вопросы для обсуждения: Вычисление магнитного потока через поверхность, э.д.с. электромагнитной индукции (самоиндукции и взаимной индукции), и индукционного электрического тока.

Тема 10: Международная система единиц.

Вопросы для обсуждения: Расчет цепей гармонического тока на основе закона Ома и

правил Кирхгофа. Расчет резонанса токов и напряжений.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	Моделирование электростатических полей
2	Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	Влияние внутреннего сопротивления измерительных приборов на результаты измерений
3	Электрическое и магнитное поле в средах.	Исследование термоэлектрогенератора. Гистерезис в ферромагнетиках.
4	Электрический ток.	Зависимость характеристик полупроводниковых диодов от температуры. Измерение температуры.
5	Переменное электромагнитное поле.	Тензодатчики
6	Переменный ток. Электрические колебания.	Биполярный транзистор. Резонанс в электрическом колебательном контуре.
7	Электронные явления.	Баллистический метод измерения магнитного поля

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: электромагнитное взаимодействие и его роль в физике, основные свойства стационарных электрических полей в пустоте, основные свойства стационарных магнитных полей в пустоте, электрическое поле в средах, магнитное поле в средах, электрический ток, переменное электромагнитное поле, энергия электромагнитного поля, переменный ток, электрические колебания, электромагнитные волны, электронные явления, международная система единиц.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт электростатических полей, применение теоремы Гаусса, вычисление потенциала и разности потенциалов, задачи на конденсаторы, расчёт цепей постоянного тока, расчёт магнитных полей токов, расчёт сил Ампера и Лоренца, задачи на электромагнитную индукцию, расчёт цепей переменного тока, задачи на колебательные контуры, расчёт параметров электромагнитных волн, задачи на движение заряженных частиц в полях, перевод величин в СИ.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: расчёт напряжённости и потенциала электростатических полей, задачи на конденсаторы и энергию поля, задачи на разветвлённые цепи постоянного тока, расчёт индукции магнитного поля, задачи на силу Лоренца, задачи на электромагнитную индукцию, расчёт цепей переменного тока, задачи на колебания в контуре, определение

параметров электромагнитных волн, задачи на электронные явления, знание законов и определений, применение единиц СИ.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

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

8. Фонд оценочных средств

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

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

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике.	ОПК-1	Тестирование; решение задач
Основные свойства стационарных электрических и магнитных полей в пустоте.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ

Электрическое и магнитное поле в средах.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Электрический ток.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Переменное электромагнитное поле.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Энергия электромагнитного поля.	ОПК-1	Тестирование; решение задач
Переменный ток. Электрические колебания.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Электромагнитные волны.	ОПК-1	Тестирование; решение задач
Электронные явления.	ОПК-1	Тестирование; решение задач; выполнение и защита лабораторных работ
Международная система единиц.	ОПК-1	Тестирование; решение задач

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

Типовые тестовые задания:

К теме «Электромагнитное взаимодействие и его роль в физике».

1. Удаленные друг от друга тела

- а) могут взаимодействовать друг с другом посредством поля;
- б) не могут взаимодействовать друг с другом;
- в) действие одного тела на другое может передаваться с бесконечно большой скоростью;
- г) среди вариантов ответов а) – в) верного нет.

2. Частицы с какими электрическими зарядами притягиваются?

- 1) с одноименными;
- 2) с разноименными;
- 3) любые заряженные частицы притягиваются;
- 4) любые заряженные частицы отталкиваются.

3. Как можно уменьшить отрицательный заряд электрона наполовину?

- 1) соединить электрон с незаряженной частицей, при этом половина заряда перейдет с электрона на эту частицу;
- 2) передать электрону половину положительного заряда протона;
- 3) снять половину заряда путем электризации протона;
- 4) заряд электрона нельзя ни увеличить, ни уменьшить.

4. Под стеклянный колпак вакуумного насоса помещены два тела, обладающие разноименными электрическими зарядами. Будут ли взаимодействовать эти тела электрическими силами, если из-под колпака полностью выкачать воздух?

- 1) будут взаимодействовать;
- 2) не будут взаимодействовать;
- 3) будут взаимодействовать с телами, находящимися вне колпака, но не будут взаимодействовать между собой;

5. Под стеклянный колпак вакуумного насоса помещено тело, обладающее электрическим зарядом. Будет ли существовать электрическое поле вокруг заряженного тела, если из-под колпака полностью выкачать воздух?

- 1) электрическое поле будет существовать и под колпаком, и вне его;
- 2) электрическое поле будет существовать под колпаком, но не будет существовать вне его;
- 3) не будет существовать под колпаком, а будет существовать вне его;
- 4) не будет существовать ни под колпаком, ни вне его.

6. Какие из названных ниже сил имеют электромагнитную природу?

- 1) только сила всемирного тяготения;
- 2) только сила упругости;
- 3) только сила трения;
- 4) силы упругости и тяготения;
- 5) силы упругости и трения.

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

1. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин. Какова должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же?
2. Два электрона в начальный момент времени находились на расстоянии 1 см друг от друга и начали двигаться под действием сил электростатического отталкивания. Какую скорость они будут иметь, когда расстояние между ними станет бесконечно большим? Какую скорость приобрели бы электроны, если бы их было три?
3. Два заряда распределены с одинаковой линейной плотностью λ на длине L параллельно и находятся на расстоянии D друг от друга. Найти силу взаимодействия между ними.
4. Электрон движется в вакууме в поле напряженностью 10 В/см, направленном вертикально вниз. Скорость электрона в нижней точке его траектории равна $2 \cdot 10^8$ см/с. а) Каков радиус кривизны траектории в этой точке? б) Где вблизи электрона напряженность поля равна нулю?
5. Круглая пластинка радиусом R равномерно заряжена электричеством с плотностью заряда σ . Определить напряженность поля в точке, лежащей на расстоянии h от пластинки на перпендикуляре к плоскости пластинки, проходящем через ее геометрический центр.

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Пример лабораторной работы «Моделирование электростатических полей»

Смоделировать электростатическое поле для заданной преподавателем конфигурации электродов (плоские пластины, точечный электрод и коаксиальный цилиндр, два точечных электрода) методом электролитической ванны или с использованием программного симулятора. Построить картину эквипотенциальных поверхностей (не менее четырех линий для долей потенциала $0,2U_0$, $0,4U_0$, $0,6U_0$, $0,8U_0$) и ортогональных им силовых линий. Для двух соседних эквипотенциалов определить минимальное расстояние между ними по

нормали и вычислить модуль напряжённости электрического поля в этой области. Сравнить полученную картину поля с теоретическим расчётом для данной конфигурации.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Электризация тел. Электрические заряды, их свойства и взаимодействие посредством электростатического поля.
2. Модель электростатики и пределы ее применимости. Дискретная и непрерывная модели распределения электрического заряда.
3. Закон Кулона и пределы его применимости. Системы единиц измерения. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции для электрического поля.
4. Работа по переносу заряда в электрическом поле. Потенциал, Разность потенциалов. Связь потенциала с напряженностью электрического поля.
5. Энергия электрического взаимодействия системы зарядов. Потенциальная энергия системы зарядов в электрическом поле.
6. Электрический диполь и его электрическое поле. Поведение диполя во внешнем электрическом поле.
7. Теорема Гаусса для электрического поля и ее применение для расчета электрических полей.
8. Основная задача электростатики. Уравнения Пуассона и Лапласа. Теорема Ирншоу.
9. Проводники в электрическом поле. Нарушение равновесия зарядов - электрический ток и его характеристики (сила и плотность тока, линии тока).
10. Закон сохранения электрического заряда. Уравнение непрерывности.
11. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление и проводимость проводников.
12. Условия равновесия зарядов на проводнике. Электрическая индукция. Электростатическое экранирование. Электрическое поле вблизи поверхности проводника.
13. Влияние диэлектрика на электрическое поле. Поляризация диэлектрика, ее механизмы. Объемные и поверхностные связанные заряды. Поляризованность диэлектрика.
14. Электрическое поле в диэлектрике. Связь электрической индукции с напряженностью поля и поляризованностью диэлектрика.
15. Условия на границе раздела двух диэлектриков.
16. Силы, действующие на диэлектрик в электрическом поле и на сторонние заряды в диэлектрике.
17. Элементарная теория поляризации полярных и неполярных диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость вещества.
18. Пьезоэлектрический эффект и его применения. Сегнетоэлектрики и их свойства.
19. Энергия заряженного проводника и конденсатора. Емкость. Энергия и плотность энергии электрического поля.
20. Источники тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Падение напряжения.
21. Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа.
22. Мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.
23. Магнитные явления. Магнитное поле. Магнитная индукция.
24. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле линейного тока, контура с током и объемного тока. Магнитное поле движущегося заряда.
25. Вихревой характер магнитного поля. Магнитный поток. Теорема Гаусса для магнитного поля.
26. Формула полного тока и ее применение для расчета магнитного поля тороида и соленоида.

27. Опыты Ампера. Закон Ампера. Контур с током в магнитном поле. Объемная плотность магнитной силы.
28. Магнитное взаимодействие двух параллельных проводов с током. Определение единицы измерения силы тока – Ампера.
29. Действие магнитного поля на движущиеся заряды. Сила Лоренца.
30. Механическая работа в магнитном поле.
31. Магнитный диполь. Сила и момент силы, действующие на диполь в магнитном поле. Магнитное поле контура с током и магнитного диполя.
32. Относительность магнитного поля. Опыты Роуланда и Эйхенвальда.
33. Намагничивание магнетиков. Напряженность магнитного поля и ее связь с индукцией магнитного поля и намагниченностью магнетика.
34. Условия на границе раздела двух магнетиков.
35. Магнитомеханические явления. Орбитальный и спиновый моменты электрона. Гиромантическое отношение. Опыты Эйнштейна и де Гааза. Опыты Барнетта. Магнитный момент ядра и атома в целом. Опыты Штерна и Герлаха. Квантование магнитных моментов атомов.
36. Виды магнетиков. Объяснение природы диамагнетизма и парамагнетизма вещества. Закон Кюри. Парамагнитный резонанс.
37. Объяснение природы ферромагнетизма вещества. Элементарная теория ферромагнетизма. Закон Кюри-Вейсса.
38. Свойства ферромагнетиков: кривая намагничивания и петля гистерезиса. Кривая магнитной проницаемости. Работа перемагничивания ферромагнетика.
39. Классификация ферромагнитных материалов. Антиферромагнетизм. Ферримагнетизм. Ферромагнитный резонанс.
40. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Токи Фуко.
41. Явление самоиндукции. Коэффициент самоиндукции. Квазистационарные электрические токи. Установление и исчезновение электрического тока в цепи.
42. Явление взаимной индукции. Взаимная индуктивность. Трансформатор.
43. Собственная энергия тока и энергия магнитной связи двух токов. Энергия и плотность энергии магнитного поля.
44. Техническое применение магнитного потока: магнитные цепи, электрические генераторы и двигатели.
45. Цепи гармонического электрического тока. Закон Ома и правила Кирхгофа для переменного тока. Метод векторных диаграмм. Метод комплексных амплитуд.
46. Работа и мощность переменного тока. Действующие значения переменного тока и напряжения. Коэффициент мощности. Согласование источника тока с нагрузкой.
47. Резонансы в цепи переменного электрического тока – резонанс напряжений и резонанс токов. Резонансная кривая. Добротность колебательной системы.
48. Собственные электрические колебания. Частота собственных колебаний. Декремент затухания колебаний и его связь с добротностью.
49. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Полный ток и его непрерывность. Скин-эффект.
50. Электромагнитная теория Максвелла. Относительность электрического и магнитного поля. Уравнения Максвелла. Материальные уравнения связи поля со средой.
51. Свободные электромагнитные волны: механизм распространения и свойства. Волновое уравнение и его решение. Стоячие волны. Вектор Пойнтинга. Давление электромагнитных волн.
52. Шкала электромагнитных волн, их экспериментальное исследование: опыты Герца, Лебедева, Попова. Принципы радиосвязи и локации. Излучение и поглощение электромагнитных волн.
53. Линии передачи для переменного тока. Двухпроводная линия. Телеграфные

- уравнения и их решение. Режимы работы и резонансные свойства двухпроводной линии.
54. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Определение заряда и массы электрона и ионов. Масс-спектрографы. Ускорители заряженных частиц.
55. Классическая теория электропроводности металлов. Объяснение законов Ома и Джоуля-Ленца. Сверхпроводимость.
56. Электрический ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряд в газе. Их основные виды. Ионизационные камеры и счетчики.
57. Электропроводность жидкостей. Диссоциация. Электролиты. Законы электролиза и его применение.
58. Электрический ток в вакууме. Термоэлектронная эмиссия. Ламповый диод и триод, их применения. Закон трех вторых.
59. Электропроводность полупроводников. Элементы зонной теории полупроводников. Собственная и примесная проводимость полупроводников.
60. Электрические явления на контактах. Контактная разность потенциалов. Термоэлектричество и его применения. Электронно-дырочные переходы в полупроводниках. Полупроводниковые диоды и триоды, их применения.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

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

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

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

Основная литература

1. Александрова, Н. В. Физика. Электричество и магнетизм: методические рекомендации / Н. В. Александрова, В. А. Кузьмичева. – Москва: МГАВТ, 2017. – 68 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/945361>
2. Дубровский, В. Г. Электричество и магнетизм. Сборник задач и примеры их решения / В. Г. Дубровский, Г. В. Харламов. – Новосибирск: НГТУ, 2011. – 92 с. – ISBN 978-5-7782-1600-6. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/546026>

Дополнительная литература

1. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике: учебное пособие для студентов вузов / И. Е. Иродов. – 4-е изд., испр. – Москва; Санкт-Петербург: Физматлит, 2001. – 431 с. – (Всего экземпляров: 70 – учебный корпус (68), ч.з. № 3 (2)).
2. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике: учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. – 3-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2001. – 416 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Савельев, И. В. Курс общей физики: в 3 т.: учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. – 2-е изд., перераб. – Москва: Наука, 1987. – Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – 496 с.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типов, Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Перечень основного оборудования:

Маркерная доска.

Монитор Toshiba 86U380MEE/EC (86 дюймов 4K); персональный компьютер с параметрами - Intel Core I3-3220, 3.3 GHz, 4Gb RAM, 1 Tb HDD, 21,5", keyboard,. Mouse, LAN, Internet access.

Перечень используемого программного обеспечения:

Общесистемное программное обеспечение Microsoft Windows 7, Общесистемное программное обеспечение Microsoft Office Standart 2010

2.Лаборатория электричества и магнетизма

Перечень основного оборудования:

Лабораторная установка «Изучение электростатического поля»; лабораторная установка «Исследование магнитного поля в катушках Гельмгольца», лабораторная установка «Исследование резонанса в цепи переменного тока»; лабораторная установка «Изучение затухающих колебаний в колебательном контуре», лабораторная установка «Исследование магнитного поля Земли», лабораторная установка «Изучение свойств сегнетоэлектриков» ФПЭ-02м», лабораторная установка «Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона» ФПЭ-03м; лабораторная установка «Изучение магнитного поля соленоида переменной длины с помощью датчика Холла» ФПЭ-04м; лабораторная установка «Изучение явления взаимоиנדукций» ФПЭ-05м; лабораторная установка «Ток в вакууме» ФПЭ-06м; лабораторная установка «Изучение Гистерезиса ферромагнитных материалов» ФПЭ-07м; лабораторная установка «Изучение процессов заряда и разряда конденсатора» ФПЭ-08м; лабораторная установка «Изучение связанных контуров» ФПЭ-13м; Лабораторная установка "Эффект Холла и его использование для измерения магнитных полей"

Персональный компьютер с параметрами - Intel Core I3-3220, 3.3 GHz, 4Gb RAM, 1 Tb HDD, 21,5", keyboard,. Mouse, LAN, Internet access

Перечень используемого программного обеспечения:

Общесистемное программное обеспечение Microsoft Windows 7, Общесистемное программное обеспечение Microsoft Office Standart 2010

3.Учебная лаборатория для самостоятельной работы, для работы над курсовыми и дипломными проектами

Перечень основного оборудования:

Маркерная доска

Рабочая станция Fujitsu CELSIUS W520 Intel Xeon CPU E3-1225 V2 3.2 GHz /8Gb DDR 500Gb HDD/KB+Mouse и Монитор 24" Dell U2412Mb – 6 шт.

LAN, Internet access

Перечень используемого программного обеспечения:

Общесистемное программное обеспечение Microsoft Windows 7, Общесистемное программное обеспечение Microsoft Office Standart 2010Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

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

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

4. Наименование дисциплины: «Оптика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов целостной физической картины оптических явлений, развитие современного физического и логического мышления и способности применять теоретические модели и математический аппарат для решения научно-технических задач, навыков проведения экспериментальных исследований оптических процессов с учётом их технических приложений.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: фундаментальную базу теоретических знаний по оптике, составляющую часть общего физического образования, включая связь теории и методов оптики с другими дисциплинами, значение оптических методов для решения прикладных задач и роль оптических процессов в явлениях окружающего мира. Уметь: применять основные законы и методы оптики для решения прикладных задач. Владеть: навыками использования оптических и измерительных технических средств для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Фотометрия и геометрическая оптика	Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Сила света, световой поток, яркость, светимость, освещенность и световая экспозиция в двух системах единиц. Соотношение между энергетическими и фотометрическими характеристиками светового излучения. Понятие операционной системы. Основные функции операционных систем. Виды операционных систем. Семейства операционных систем. Приближение геометрической оптики. Линзы, зеркала, оптические системы. Построение оптических изображений. Оптические приборы.
2.	Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн	Описание электромагнитных волн, электромагнитная природа света. Плоская и сферическая электромагнитные волны, их представление в комплексной форме. Плотность потока энергии. Линейная поляризация. Суперпозиция линейно-поляризованных волн. Эллиптическая и круговая поляризация
3.	Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции	Понятие интерференции и ее виды. Интенсивность при суперпозиции двух монохроматических волн с одинаковой частотой. Когерентность. Способы получения когерентных волн. Интерференция, получаемая делением амплитуды и делением фронта волны. Временная и пространственная когерентность. Методы получения интерференции делением фронта волны. Интерференция в тонких пленках. Оптическая длина пути при прохождении света через тонкие пластинки. Интерференция на плоскопараллельной пластинке. Линии равного наклона. Интерференция на клине. Линии равной толщины. Кольца Ньютона.
4.	Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка	Методы наблюдения дифракции света, условия наблюдения. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Графическое сложение амплитуд. Зонные пластинки. Дифракция Френеля и

		дифракция Фраунгофера. Области дифракции. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракция на крае прямоугольного полубесконечного экрана. Зоны Шустера. Спираль Корню. Дифракционная решетка. Устройство и изготовление дифракционных решеток. Схема дифракции. Методика наблюдения. Дифракционная решетка как оптический прибор.
5.	Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред	Отражение и преломление света на границе двух диэлектриков. Принцип Гюйгенса. Законы отражения и преломления. Полное внутреннее отражение. Глубина проникновения во вторую среду. Формулы Френеля для случая, когда вектор E лежит в плоскости падения. Формулы Френеля для случая, когда вектор E перпендикулярен плоскости падения. Коэффициенты отражения и преломления при нормальном падении. Поляризация при отражении. Степень поляризации. Закон Брюстера. Отражение от поверхности проводящих сред.
6.	Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света	Дисперсия света. Взаимодействие электромагнитной волны с веществом. Зависимость коэффициента преломления от частоты. Нормальная дисперсия. Аномальная дисперсия, область ее наблюдения. Физическая причина поглощения света при аномальной дисперсии. Поглощение и рассеяние света. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта. Спектры поглощения света веществом в различном агрегатном состоянии. Рассеяние света, типы рассеяния. Рассеяние Релея.
7.	Законы излучения абсолютно черного тела	Излучение абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Фотометрия и геометрическая оптика.

Вопросы для обсуждения: Фотометрия Энергетическая и фотометрическая системы единиц. Приближение геометрической оптики. Линзы, зеркала, оптические системы.

Тема 2: Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: Плоская и сферическая электромагнитные волны. Линейная поляризация. Суперпозиция линейно - поляризованных волн. Эллиптическая и круговая поляризация.

Тема 3: Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции.

Вопросы для обсуждения: Понятие интерференции и ее виды. Когерентность. Способы получения когерентных волн. Интерференция, получаемая делением амплитуды и делением фронта. Интерференция в тонких пленках. Линии равного наклона. Линии равной толщины. Кольца Ньютона.

Тема 4: Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.

Вопросы для обсуждения: Методы наблюдения дифракции света, условия наблюдения. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Дифракция Фраунгофера на одной щели. Дифракция на крае прямоугольного полубесконечного экрана. Зоны Шустера. Спираль Корню.

Тема 5: Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред.

Вопросы для обсуждения: Отражение и преломление света на границе двух диэлектриков. Полное внутреннее отражение. Формулы Френеля. Коэффициенты отражения и преломления. Поляризация при отражении. Закон Брюстера. Отражение от поверхности проводящих сред.

Тема 6: Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие электромагнитной волны с веществом. Дисперсия света. Нормальная дисперсия. Аномальная дисперсия. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта. Рассеяние света, типы рассеяния. Рассеяние Релея.

Тема 7: Законы излучения абсолютно черного тела.

Вопросы для обсуждения: Излучение абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Формула Релея-Джинса. Формула Планка.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Фотометрия и геометрическая оптика.

Вопросы для обсуждения: энергетическая и фотометрическая системы единиц, приближение геометрической оптики, линзы и зеркала, ход лучей в оптических системах.

Тема 2: Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: свойства электромагнитных волн, виды поляризации (линейная, круговая, эллиптическая), способы получения поляризованного света, закон Малюса.

Тема 3: Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции.

Вопросы для обсуждения: условия когерентности и монохроматичности, интерференция в тонких плёнках, кольца Ньютона, интерферометры, применение интерференции.

Тема 4: Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.

Вопросы для обсуждения: принцип Гюйгенса-Френеля, дифракция Френеля и Фраунгофера, дифракционная решётка как спектральный прибор, угловая дисперсия и разрешающая способность.

Тема 5: Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред.

Вопросы для обсуждения: граничные условия для электромагнитных волн, коэффициенты отражения и пропускания, угол Брюстера, полное внутреннее отражение, отражение от металлов.

Тема 6: Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света.

Вопросы для обсуждения: нормальная и аномальная дисперсия, классическая электронная теория дисперсии, закон Бугера-Ламберта-Бера, релеевское рассеяние, эффект Вавилова-Черенкова.

Тема 7: Законы излучения абсолютно черного тела.

Вопросы для обсуждения: модель абсолютно чёрного тела, закон Кирхгофа, законы Стефана-Больцмана и Вина, формула Планка, квантовый характер излучения.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/ п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Фотометрия и геометрическая оптика	Экспериментальное исследование светового поля источника видимого излучения. Определение фокусного расстояния собирающей и рассеивающей линз. Изучение зрительной трубы.
2	Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн	Изучение поляризации света. Определение длины световой волны квантового генератора с помощью эталона Фабри-Перо.
3	Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции.	Определение длины световой волны с помощью бипризмы Френеля и щелей Юнга. Определение радиуса кривизны линзы и длины световой волны с помощью колец Ньютона
4	Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.	Определение длины световой волны с помощью дифракции Френеля на круглом отверстии. Изучение дифракционной решетки и определение длины световой волны
5	Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности проводящих сред.	Исследование дисперсионных свойств стеклянной призмы в области видимого света
6	Законы излучения абсолютно черного тела	Исследование интегральной излучательной способности нагретых нечерных тел как функции температуры.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: фотометрия и геометрическая оптика, поляризация электромагнитных волн, интерференция света, дифракция света, отражение и преломление света, формулы Френеля, дисперсия света, поглощение и рассеяние света, законы излучения абсолютно чёрного тела.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт фотометрических величин, построение изображений в линзах и зеркалах, задачи на поляризацию света, расчёт интерференционных картин, задачи на дифракционную решётку, применение формул Френеля, задачи на дисперсию света, расчёт коэффициента поглощения, задачи на тепловое излучение.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: расчёт параметров линз и зеркал, определение свойств поляризованного света, типовые задачи на интерференцию, задачи на дифракционную решётку, применение формул Френеля, задачи на дисперсию и рассеяние, задачи на законы излучения чёрного тела, знание основных определений и формул.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Фотометрия и геометрическая оптика	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Контрольная работа.
Электромагнитные волны Поляризация электромагнитных волн	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Тестирование.
Интерференция, ее виды. Методы осуществления интерференции	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Контрольная работа.
Дифракция света. Виды дифракции. Дифракционная решетка.	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Контрольная работа.
Отражение и преломление света. Формулы Френеля. Отражение от поверхности	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие.

проводящих сред.		Тестирование.
Дисперсия света. Поглощение и рассеяние света	ОПК-1	Опрос. Практическое занятие. Тестирование.
Законы излучения абсолютно черного тела	ОПК-1	Тестирование

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

Типовые тестовые задания:

Тест. Геометрическая оптика

I вариант.

1. Предмет расположен на двойном фокусном расстоянии от тонкой линзы. Его изображение будет

- 1) перевернутым и увеличенным 2) прямым и увеличенным
- 3) прямым и равным по размерам предмету
- 4) перевернутым и равным по размеру предмету

2. Предмет находится от собирающей линзы на расстоянии, большем фокусного, но меньшем двойного фокусного. Изображение предмета –

- 1) мнимое и находится между линзой и фокусом
- 2) действительное и находится между линзой и фокусом
- 3) действительное и находится между фокусом и двойным фокусом
- 4) действительное и находится за двойным фокусом

3. Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к фокусу линзы. Его изображение при этом

- 1) приближается к линзе 2) удаляется от фокуса линзы
- 3) приближается к фокусу линзы 4) приближается к $2F$

4. Человек с нормальным зрением рассматривает предмет невооруженным взглядом. На сетчатке глаза изображение предметов получается

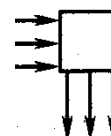
- 1) увеличенным прямым 2) увеличенным перевернутым
- 3) уменьшенным прямым 4) уменьшенным перевернутым

5. При фотографировании удаленного предмета фотоаппаратом, объектив которого – собирающая линза с фокусным расстоянием F , плоскость фотопленки, для получения резкого изображения, должна находиться от объектива на расстоянии,

- 1) большем, чем $2F$ 2) равном $2F$ 3) между F и $2F$ 4) равном F

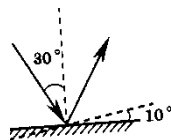
6. Пройдя через некоторую оптическую систему, параллельный пучок света поворачивается на 90° . Оптическая система действует как

- 1) собирающая линза 2) рассеивающая линза
- 3) плоское зеркало 4) матовая пластинка



7. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

- 1) 40° 2) 30°
3) 20° 4) 10°



II вариант.

1. На каком расстоянии от собирающей линзы нужно поместить предмет, чтобы его изображение было действительным?

- 1) больше, чем фокусное расстояние
2) меньше, чем фокусное расстояние
3) при любом расстоянии изображение будет действительным
4) при любом расстоянии изображение будет мнимым

2. Предмет расположен между собирающей линзой и ее фокусом. Изображение предмета

- 1) мнимое, перевернутое 2) действительное, перевернутое
3) действительное, прямое 4) мнимое, прямое

3. Предмет расположен на тройном фокусном расстоянии от тонкой линзы. Его изображение будет

- 1) перевернутым и увеличенным 2) прямым и уменьшенным
3) прямым и увеличенным 4) перевернутым и уменьшенным

4. Для получения четкого изображения на сетчатке глаза при переводе взгляда с удаленных предметов на близкие изменяется

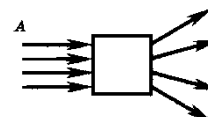
- 1) форма хрусталика 2) размер зрачка
3) форма глазного яблока 4) форма глазного дна

5. Хрусталик здорового глаза человека по форме похож на

- 1) двояковогнутую линзу 2) двояковыпуклую линзу
3) плосковогнутую линзу 4) плоскопараллельную пластину

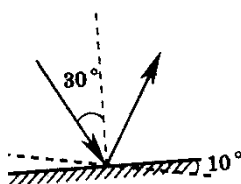
6. Оптический прибор, преобразующий параллельный световой пучок А в расходящийся пучок С, обозначен на рисунке квадратом. Этот прибор действует как

- 1) линза 2) прямоугольная призма
3) зеркало 4) плоско-параллельная пластина



7. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен 30° . Каким будет угол отражения света, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

- 1) 40°
2) 30°
3) 20°
4) 10°



Задания для опроса

К теме 1.

1. В чем заключается приближение геометрической оптики.
2. Что называется линзой?
3. Какие линзы бывают?
4. Что называется плоским зеркалом?
5. Что такое сферическое зеркало?
6. Какие бывают оптические системы?
7. Построение оптических изображений в зеркалах.
8. Построение оптических изображений в линзах.
9. Оптические приборы.
10. Энергетическая и фотометрическая системы единиц.
11. Что такое сила света?
12. Что такое световой поток?
13. Что такое яркость?
14. Что такое светимость?
15. Что такое освещенность?

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

К теме 1. Геометрическая оптика и фотометрия

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОВОГО ПОЛЯ ИСТОЧНИКА ВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель работы:

Экспериментальное исследование светового поля источника видимого излучения – лампы накаливания с плоской спиралью.

Устройство фотометрической головки

Фотометрическая головка устанавливается на одной из кареток между двумя источниками света, освещающими находящуюся в корпусе головки двустороннюю приемную белую матовую пластинку. Свет, отраженный поверхностями пластины, направляется призмами через фотометрический кубик в окулярную трубу головки. Оптическая схема фотометрической головки изображена на рис. 1 .

В фотометрической головке применен кубик с контрастными полями. Через более темные участки поля на рисунке 1 слева, в данном случае, видна сторона приемной пластины, которая освещается исследуемой лампой. Вторая часть поля (светлая) соответствует эталонной лампе. При смещении каретки с фотометрической головкой яркость полей меняется. На пути света, проходящего через участки поля кубика в виде трапеций, помещены плоскопараллельные стеклянные пластины. Около 8% света теряется при отражении на этих пластинах. Вследствие этого при фотометрическом равновесии, когда яркость обеих сторон приемной пластины головки одинакова, видимое в окуляр поле имеет вид, изображенный на рис.1 справа, на фоне равномерной яркости видны две несколько более темные, чем фон, трапеции. Контрастные пластинки могут быть выведены из поля зрения поворотом рукояток, и тогда, при световом равновесии, фотометрическое поле будет иметь вид круга равномерной яркости без всякого рисунка.

До проведения фотометрических измерений лаборантом проводится юстировка: все части установки (источник света, приемные пластины, экраны и пр.) располагаются на оптической оси скамьи. Для этой цели служат визирные сетки фотометрической головки. На время центровки приемную пластину вынимают из корпуса головки, а визирными

сетками закрывают с обеих сторон образовавшееся при этом в корпусе головки сквозное отверстие. Производится юстировка системы, после чего, для фотометрирования визирные сетки до измерений должны быть отодвинуты в сторону. Нарушать юстировку запрещено.

Во избежание ошибки, возникающей вследствие различных потерь света, проходящего через оптическую систему головки двумя различными путями, каждое измерение следует производить при двух положениях фотометрической головки. При исходном положении головки получают значения r_1 и r_2 , а, развернув ее вокруг горизонтальной оси на 180° , получают значения r_1' и r_2' . В этом случае, в качестве расстояний r_1 и r_2 , берут их среднегеометрические величины, и расчетная формула приобретает вид:

$$I_2 = \frac{r_2 r_2'}{r_1 r_1'}$$

Необходимые приборы и принадлежности

1. Фотометрическая скамья, состоящая из двух направляющих труб длиной более трех метров, установленных параллельно друг другу. На одной из труб нанесена шкала от 0 до 3 м (для определения расстояния между установленными на скамье приспособлениями). Цена деления шкалы 1 мм.
2. Фотометр (фотометрическая головка), укрепленный на передвижной каретке.
3. Эталонная электрическая лампа, укрепленная на передвижной каретке (закреплена).
4. Испытуемая лампа, укрепленная в держателе, установленном на подвижной каретке, которая также закреплена. Держатель с лимбом (гониометр) предназначен для вращения испытуемой лампы вокруг вертикальной оси. Цена деления лимба 1° . Для удобства отсчета лимб изготовлен из прозрачного материала и имеет подсветку, включаемую на момент отсчета кнопчным включателем.

Измерения. Установите исследуемую лампу в положение, соответствующее нулю гониометра, и, перемещая фотометр вдоль скамьи, добейтесь одинаковой освещенности обеих частей фотометрического поля. Отсчитайте положение фотометра по шкале на скамье и найдите расстояния r_1 и r_2 .

Повернув фотометрическую головку вокруг горизонтальной оси на 180° , вновь уравняйте освещенности и найдите значения r_1' и r_2' .

Выполните те же измерения и вычисления при повороте исследуемой лампы на 15° , 30° , 45° и т.д. до 360° .

Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

где r_1 и r_1' – расстояние до эталонной лампы;

r_2 и r_2' – расстояние до исследуемой лампы

Таблица

№ п/п	Угол поворота гониометра φ	Расстояние от фотометра до ламп		Расстояние до ламп после поворота фотометра на 180°		$I_2 = \frac{r_2 r_2'}{r_1 r_1'}$
		r_1	r_2	r_1'	r_2'	

Вычертите в полярных координатах кривую (индикатрису) распределения силы света

исследуемого источника.

Контрольные вопросы:

1. Какие системы световых единиц существуют. Почему они необходимы?
2. Как связан световой поток и мощность источника света?
3. Дайте определение освещенности.
4. Дайте определение силы света.
5. Дайте определение яркости.
6. В чем заключается принцип фотометрии?
7. Нарисуйте устройство фотометрической головки.
8. Нарисуйте кривую чувствительности глаза от длин волн.
9. Чему равен механический эквивалент света и для чего он нужен

Содержание отчёта:

1. Название работы, цель
2. Законспектированные теоретические сведения по исследуемому вопросу.
3. Таблицы и графики снятых зависимостей;
4. Выводы о результатах проведенных экспериментов.
5. Ответы на контрольные вопросы.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Оптический диапазон электромагнитных волн. Электромагнитная природа света.
2. Фотометрия. Энергетические и фотометрические единицы.
3. Фотометрия. Соотношение между энергетическими и фотометрическими единицами.
4. Приближение геометрической оптики..
5. Плоские и сферические зеркала. Тонкие линзы.
6. Оптические приборы. Ход лучей, увеличение.
7. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны.
8. Суперпозиция электромагнитных волн.
9. Поляризация электромагнитных волн. Виды поляризации.
10. Стоячие волны. Опыты Винера.
11. Плотность потока энергии и импульса для электромагнитной волны.
12. Амплитудная модуляция. Модуляция частоты и фазы.
13. Волновой пакет образованный двумя волнами. Фазовая и групповая скорости в световом пучке.
14. Суперпозиция колебаний с эквидистантными частотами.
15. Интерференция, ее виды. Суперпозиция двух монохроматических волн с одинаковой частотой.
16. Способы получения когерентных волн.
17. Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением амплитуды.
18. Двухлучевая интерференция, осуществляемая делением фронта волны.
(на примере очень узких щелей Юнга).
19. Схемы получения интерференции методом деления фронта волны.
20. Многолучевая интерференция, получаемая делением амплитуды волны
(на примере интерферометра Фабри-Перо). Зависимость видности картины от коэффициента отражения зеркальных поверхностей.
21. Интерферометр Фабри-Перо. Разрешающая способность интерферометра.
22. Интерференция в тонких пленках. Плоскопараллельная пластинка. Линии равного наклона.
23. Интерференция в тонких пленках. Линии равной толщины. Кольца Ньютона.
24. Дифракция. Условия наблюдения. Принцип Гюйгенса-Френеля.

25. Метод зон Френеля. Графическое сложение амплитуд. Зонные пластинки.
26. Дифракция Френеля на круглом отверстии.
27. Дифракция на крае прямоугольного полубесконечного экрана. Спираль Корню.
28. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера.
29. Дифракция Фраунгофера на одной щели.
30. Дифракционная решетка. Схема наблюдения дифракции. Вид дифракционной картины в монохроматическом свете.
31. Дифракционная решетка, ее параметры. Дифракционная решетка как спектральный прибор.
32. Отражение и преломление света на границе двух диэлектриков.
33. Явление полного внутреннего отражения.
34. Законы отражения и преломления. Коэффициенты отражения и пропускания.
35. Формулы Френеля
36. Соотношение между фазами при отражении и преломлении. Закон Брюстера.
37. Отражение от поверхности проводящих сред. Скин-слой. Коэффициент поглощения.
38. Дисперсия света. Классическая модель дисперсии.
39. Нормальная и аномальная дисперсия. Область аномальной дисперсии.
40. Рассеяние света. Виды рассеяния. Рассеяние Релея.
41. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта.
42. Излучение абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина.
43. Излучение абсолютно черного тела. Классический подход. Формула Релея-Джинса.
44. Формула Планка. Вывод по Эйнштейну.
45. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.
46. Принцип работы оптического квантового генератора.
47. Условия создания инверсной заселенности уровней. Условие генерации лазера.
48. Виды лазерного излучения. Типы лазеров.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно 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. Ландсберг, Г. С. Оптика: учебное пособие для вузов / Г. С. Ландсберг. – 7-е изд., стер. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017. – 852 с. – ISBN 978-5-9221-1742-5. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/122352>
2. Маскевич, А. А. Оптика: учебное пособие / А. А. Маскевич. – Москва: НИЦ Инфра-М; Минск: Новое знание, 2012. – 656 с.: ил. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-16-005678-4. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/306513>

Дополнительная литература

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т. / Д. В. Сивухин. – 3-е изд., стереотип. – Москва: Физматлит, 2005. – Т. 4: Оптика. – 792 с.
2. Чертов, А. Г. Задачник по физике: учебное пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – Москва: Физматлит, 2007. – 640 с.
3. Корнев, К. П. Оптика. Физический практикум: методическое пособие / К. П. Корнев, В. А. Пахотин, В. А. Бессонов [и др.]. – Калининград: Издательство РГУ им. И. Канта, 2006. – 119 с.
4. Матвеев, А. Н. Оптика: учебник / А. Н. Матвеев. – Москва: ОНИКС 21 век: Мир и образование, 2005. – 368 с.
5. Савельев, И. В. Курс общей физики: в 5 кн. / И. В. Савельев. – Москва: Астрель: АСТ, 2006. – Кн. 4: Волны. Оптика. – 256 с.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

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

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

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

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

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

1. Наименование дисциплины: «Атомная и ядерная физика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов целостной физической картины мира на основе квантово-механических представлений о строении атома и ядра, раскрытие взаимосвязи микро- и макроявлений, а также овладение понятийным и математическим аппаратом для аналитического и численного моделирования атомных и ядерных процессов, позволяющим прогнозировать свойства материалов и функционирование физико-технических устройств на микроуровне.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: систему понятий, фундаментальные законы и модели атомной и ядерной физики, описывающие строение и свойства атомных и ядерных систем; методы теоретического описания и количественной оценки физических характеристик веществ и материалов на основе атомистики и квантово-механических представлений. Уметь: применять знания атомной и ядерной физики для решения профессиональных задач; объяснять явления окружающего мира и свойства материалов, исходя из атомного и ядерного уровней организации вещества. Владеть: базовыми методами анализа атомных и ядерных процессов с использованием понятийного и математического аппарата квантовой физики, включая элементы стандартной модели элементарных частиц; навыками численной и аналитической оценки характеристик атомных систем и ядерных взаимодействий применительно к фундаментальным и прикладным задачам.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Атомная и ядерная физика» представляет собой дисциплину

обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

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

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

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

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Корпускулярные свойства света.	Постоянная Планка. Энергия, импульс, масса фотона. Внешний и внутренний фотоэффект. Эффект Доплера. Давление света. Поляризация фотонов. Интерференция фотонов.
2.	Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.	Ядерная модель атома. Спектральные закономерности. Постулаты Бора. Экспериментальные подтверждения постулатов Бора. Круговые стационарные орбиты. Энергетическая диаграмма атома водорода. Изотопический эффект.
3.	Корпускулярно-волновой дуализм материи.	Дуализм частиц вещества. Волна де Бройля. Опыты по дифракции микрочастиц. Волновая функция микрочастицы. Принцип суперпозиции. Статистическая интерпретация волновой функции. Расплывание пакета из волн де-Бройля. Принцип неопределенностей. Примеры использования для оценки физических характеристик атома.
4.	Уравнение Шредингера.	Принцип микропричинности. Динамическое уравнение Шредингера. Волновая функция стационарного состояния. Стандартные граничные условия. Свободная частица, гармонический осциллятор. Потенциальная яма. Гармонический осциллятор. Потенциальная ступенька,

		потенциальные барьеры. Туннельный эффект. Примеры: альфа-распад ядер, холодная эмиссия, автоионизация атомов, эффект Джозефсона, сканирующий туннельный микроскоп.
5.	Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.	Понятие об операторной формулировке квантовой механики. Оператор момента импульса. Спин электрона. Квантование орбитального и спинового момента импульса частицы. Опыты Штерна и Герлаха. Сложение квантовых моментов. Терм атома.
6.	Квантовая теория атома водорода.	Угловая и радиальная волновые функции электрона в центральном поле. Квантовые числа электрона. Электронные облака стационарных состояний атома водорода.
7.	Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.	Адиабатическое приближение. Снятие вырождения по орбитальному квантовому числу. Правила отбора при дипольных переходах. Спектры щелочных атомов. Релятивистские взаимодействия в атомах. Формула тонкой структуры. Спин-орбитальное взаимодействие. Принцип Паули. Таблица Д.И. Менделеева
8.	Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.	Магнитный момент атома в приближении L-S связи. Энергия взаимодействия атома с магнитным и электрическим полем. Магнитный резонанс, эффект Зеемана, эффект Пашена – Бака, эффект Штарка.
9.	Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	Обменная энергия. Химическая связь. Энергетические уровни молекул и твердых тел. Принцип Больцмана. Распределения Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака. Конденсация Бозе – Эйнштейна. Квазичастицы. Сверхпроводимость.
10.	Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.	Стандартная модель элементарных частиц. Кварки. Классификация кварков. Взаимодействие кварков. Частицы и античастицы. Лептоны. Закон сохранения лептонного числа. Адроны. Барионы. Закон сохранения барионного числа. Мезоны. Понятие о теории «Великого объединения». Электрослабое взаимодействие.
11.	Ядра атомов и их основные физические характеристики	Размер ядра и атома. Нуклоны. Заряд, энергии связи электронов и нуклонов. Масса протона и нейтрона. Дефект массы. Стабильность нуклонов и ядер. Барионное число. Строение нуклонов. Кварки. Глюоны. Партоны. Свойства и обменный характер ядерных сил. Пи-мезоны.
12.	Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц	Спин и магнитный момент ядер. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Квадрупольный электрический момент ядра. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР).
13.	Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных	Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Деление и синтез ядер. Естественная и искусственная радиоактивность ядер. Продукты

	реакциях.	распада. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Нарушение четности при слабых взаимодействиях. Гамма-излучение возбужденных радиоактивных ядер.
14.	Взаимодействие ядерных излучений с веществом.	Ионизационные потери энергии заряженных частиц. Радиационные потери энергии заряженных частиц. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Взаимодействие нейтронов с веществом. Взаимодействие нейтрино с веществом.
15.	Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.	Радиоактивные семейства (ряды). Радиоизотопный анализ. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

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

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

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

Тема 1: Корпускулярные свойства света.

Вопросы для обсуждения: Внутренний фотоэффект. Поляризация фотонов. Интерференция фотонов.

Тема 2: Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.

Вопросы для обсуждения: Ядерная модель атома. Эллиптические стационарные орбиты.

Тема 3: Корпускулярно-волновой дуализм материи.

Вопросы для обсуждения: Опыты по дифракции микрочастиц. Расплывание пакета из волн де-Бройля. Использование соотношений неопределенностей для оценки физических характеристик квантовых систем.

Тема 4: Уравнение Шредингера.

Вопросы для обсуждения: Туннельный эффект. Автоионизация атомов, эффект Джозефсона, сканирующий туннельный микроскоп.

Тема 5: Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.

Вопросы для обсуждения: Квантование орбитального и спинового момента импульса частицы. Опыты Штерна и Герлаха.

Тема 6: Квантовая теория атома водорода.

Вопросы для обсуждения: Электронные облака стационарных состояний атома водорода.

Тема 7: Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.

Вопросы для обсуждения: Правила отбора при дипольных переходах. Спин-орбитальное взаимодействие. Принцип тождественности одинаковых микрочастиц.

Тема 8: Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.

Вопросы для обсуждения: Магнитный момент многоэлектронного атома. Приложения магнитных резонансов в науке и технике.

Тема 9: Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

Вопросы для обсуждения: Обменная энергия. Конденсация Бозе – Эйнштейна. Квазичастицы. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Тема 10: Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.

Вопросы для обсуждения: Классификация кварков. Взаимодействие кварков. Глюоны. Партоны. Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц. Теория «Великого объединения». Суперструны.

Тема 11: Ядра атомов и их основные физические характеристики

Вопросы для обсуждения: Барионное число. Стабильность нуклонов и ядер. Свойства и обменный характер ядерных сил. Пи-мезоны.

Тема 12: Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц

Вопросы для обсуждения:

Тема 13: Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.

Вопросы для обсуждения: Деление ядер. Синтез ядер.

Тема 14: Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие нейтронов и нейтрино с веществом.

Тема 15: Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

Вопросы для обсуждения: Радиоактивные семейства (ряды). Радиоизотопный анализ.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Корпускулярные свойства света.

Вопросы для обсуждения: Изучение фотоэффекта, эффекта Комптона

Тема 2: Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.

Вопросы для обсуждения: Комбинационный принцип. Расчет энергии и длин волн фотонов при квантовых переходах.

Тема 3: Корпускулярно-волновой дуализм материи.

Вопросы для обсуждения: Изучение дифракции микрочастиц. Волны материи.

Тема 4: Уравнение Шредингера.

Вопросы для обсуждения: Расчет энергии и волновой функции частицы в потенциальной яме.

Тема 5: Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.

Вопросы для обсуждения: Сложение квантовых моментов.

Тема 6: Квантовая теория атома водорода.

Вопросы для обсуждения: Изучение водородоподобных атомов.

Тема 7: Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.

Вопросы для обсуждения: Вычисление магнитного момента атома. Изучение магнитного резонанса и эффекта Зеемана.

Тема 9: Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.

Вопросы для обсуждения:

Тема 11: Ядра атомов и их основные физические характеристики

Вопросы для обсуждения:

Тема 12: Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц

Вопросы для обсуждения:

Тема 13: Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.

Вопросы для обсуждения: Законы сохранения в физике ядра и элементарных частиц. Ядерные реакции. Закон радиоактивного распада. Альфа и бета - распады

Тема 14: Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Тема 15: Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

Вопросы для обсуждения: Основы дозиметрии и радиационной безопасности.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Корпускулярные свойства света.	Фотоэффект. Изучение законов сохранения в микромире
2.	Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.	Изучение энергетических зон твердого тела, квантовой природы контактной разности потенциалов полупроводниковых контактов. Опыт Франка и Герца. Определение резонансного потенциала аргона. Изучение спектра атома водорода. Определение постоянной Ридберга.
3.	Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.	Спектр натрия. Изучение снятия вырождения по орбитальному квантовому числу. Спектр ртути. Изучение оптических спектров сложных атомов.
4.	Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.	Изучение магнитного резонанса в ферромагнетике.
5.	Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	Изучение спектра и квантовых переходов в молекуле иода. Вычисление параметра ангармонизма.
6.	Стандартная модель истинно элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.	Изучение космического излучения с помощью счётчика Гейгера – Мюллера.
7.	Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц	Изучение законов движения заряженных частиц в магнитном поле. Определение заряда электрона. Изучение метода регистрации ионизирующих частиц по их трекам в камере Вильсона.
8.	Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.	Оценка интенсивностей бета- и альфа-излучений.
9.	Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы	Статистическая обработка экспериментальных данных. Метод моментов. Оценка величины радиационного фона

	дозиметрии и радиационной безопасности.	лаборатории. Изучение методов проектирования статистических моделей радиационного фона. Метод гистограмм. Критерий Хи-квадрат.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: корпускулярно-волновой дуализм, уравнение Шредингера, квантование момента импульса, атом водорода, многоэлектронные атомы, эффекты Зеемана и Штарка, квантовые статистики, стандартная модель элементарных частиц, свойства атомных ядер, радиоактивность и ядерные реакции, дозиметрия.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: фотоэффект, эффект Комптона, теория Бора, длина волны де Бройля, соотношения неопределённостей, частица в потенциальной яме, туннельный эффект, операторы момента импульса, энергетические уровни атома водорода, заполнение электронных оболочек, эффект Зеемана, уровень Ферми, энергия связи ядра, закон радиоактивного распада, энергетический выход ядерных реакций, пробег частиц в веществе, активность и дозы
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: дуализм и уравнение Шредингера, квантование момента и атом водорода, многоэлектронные атомы и эффекты в полях, квантовые статистики и стандартная модель, свойства ядер и радиоактивный распад, ядерные реакции и взаимодействие излучений, дозиметрия и радиационная безопасность.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

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

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

Практические и семинарские занятия.

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

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Корпускулярные свойства света.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Корпускулярно-волновой дуализм материи.	ОПК-1	Решение задач, тестирование
Уравнение Шредингера.	ОПК-1	Решение задач, тестирование
Операторная формулировка квантовой механики. Квантование момента импульса элементарных частиц и атомов.	ОПК-1	Тестирование
Квантовая теория атома водорода.	ОПК-1	Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Основы квантовой теории многоэлектронных атомов.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Атом в магнитном и электрическом полях. МР, эффекты Зеемана и Штарка.	ОПК-1	Решение задач, тестирование. Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Энергетические диаграммы молекул и твердых тел. Спектры молекул. Квантовые статистики. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака.	ОПК-1	Задания для подготовки к лабораторным работам. Защита лабораторных работ.
Стандартная модель истинно элементарных частиц.	ОПК-1	Тестирование

Фундаментальные взаимодействия.		
Ядра атомов и их основные физические характеристики	ОПК-1	Решение задач, тестирование
Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование
Радиоактивные излучения. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях.	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование
Взаимодействие ядерных излучений с веществом.	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование
Радиоактивные ряды. Детектирование ядерных излучений. Основы дозиметрии и радиационной безопасности.	ОПК-1	Решение задач, защита лабораторной работы, тестирование

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

Типовые тестовые задания:

По теме 1. Корпускулярные свойства света.

Вопрос теста	Варианты ответов
Частота красного света в 2 раза меньше частоты фиолетового света. Импульс фотона красного света по отношению к импульсу фотона фиолетового света	1. меньше в 4 раза; 2. больше в 2 раза 3. меньше в 2 раза 4. больше в 4 раза
Монохроматический свет длиной волны $\lambda=500$ нм и интенсивностью $I=100 \text{ Вт/м}^2$ падает по нормали на плоскую поверхность металлического катода. Сколько фотоэлектронов выбивается с фотокатода за время $t = 1$ с, если его площадь $S = 5 \text{ см}^2$ и в среднем каждый десятый фотон выбивает один фотоэлектрон?	1) $6,3 \cdot 10^{16}$ 2) $1,3 \cdot 10^{16}$ 3) $6,3 \cdot 10^{20}$ 4) $1,3 \cdot 10^{21}$
Рассчитайте максимальную скорость электронов, выбиваемых из металла светом длиной волны 300 нм, если работа выхода равна $3 \cdot 10^{-19}$ Дж.	1) $1,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ 2) $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ 3) 890 м/с 4) $0,89 \cdot 10^6 \text{ м/с}$

По теме 14. Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

Вопрос теста	Варианты ответов
Какая из перечисленных далее частиц наиболее слабо взаимодействует с атомами, попадая в вещество?	1. Нейтрон 2. Альфа-частица 3. Протон 4. Электрон

По каким параметрам трека в камере Вильсона отличают альфа и бета частицы?	1. Толщина 2. Длина 3. Яркость 4. Неоднородность следа
Средний пробег альфа частицы в веществе с массовым числом A , пропорционален?	1. A 2. A^{-1} 3. $A^{2/3}$ 4. $A^{1/3}$

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

Раздел 2. Энергетические уровни и спектры атомов. Теория Бора

1. Определите длину волны фотонов, способных ионизировать атом водорода.
2. Газ атомарного водорода освещают ультрафиолетом с длиной волны 100 нм. Определите длины волн спектральных линий в возникшем свечении газа.
3. Пучок электронов с энергией 13 эВ проходит через газ атомарного водорода. Определите длины волн спектральных линий, излучаемых газом.

Раздел 5. Взаимодействие ядерных излучений с веществом.

- Определить возраст древних деревянных предметов, у которых удельная активность ^{14}C составляет $3/5$ удельной активности этого же нуклида в только что срубленных деревьях.
- Найти максимальный угол, на который может отклониться альфа частица при упругом соударении со свободным электроном.
- Оценить пробег альфа частицы в свинце, если её пробег в алюминии равен 17мкм.

Типовые задания при выполнении лабораторных работ:

Тема 6. Квантовая теория атома водорода.

Лабораторная работа	Цель лабораторной работы	Задачи лабораторной работы
Спектр водорода	Изучение количественных свойств спектра атома водорода	Оценка постоянной Ридберга и постоянной Планка

Тема 7. Экспериментальные методы исследования ядер и элементарных частиц

Лабораторная работа	Цель лабораторной работы	Задачи лабораторной работы
Магнитный резонанс	Изучение кантовых переходов внутри зеемановского мультиплета.	Оценка величины магнитного момента электрона
Статистические закономерности в ядерной физике.	Изучение метода гистограмм.	Построение статистической модели флуктуаций радиационного фона в лаборатории. Оценка достоверности модели по критерию Хи - квадрат.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Строение атомов и ядер. Характерные масштабы масс, размеров, энергий связи для частиц входящих в состав атомов и ядер.
2. Закономерности в атомных спектрах. Комбинационный принцип, обобщенная формула Бальмера, терм атома водорода.
3. Квазиклассическая теория атома по Бору - Зоммерфельду. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Физический смысл терма атома. Энергетическая диаграмма и спектральные переходы в атоме водорода. Принцип соответствия. Стационарные орбиты. Правила квазиклассического квантования по Бору-Зоммерфельду. Расчет постоянной Ридберга на примере круговых стационарных орбит. Изотопический сдвиг спектральных линий.
4. Свойства фотонов. Гипотезы Планка и Эйнштейна. Энергия и импульс фотона. Фотоэффект, фотосопротивление, фото ЭДС, эффект Комптона, давление света.
5. Волновые свойства частиц. Волна де-Бройля, фазовая и групповая скорости. Дисперсия волн де-Бройля. Опыты по дифракции элементарных частиц, атомов, молекул.
6. Корпускулярно-волновой дуализм материи. Основные свойства волновой функции: принцип суперпозиции, статистическая интерпретация, условие нормировки.
7. Уравнение Шредингера. Нестационарное уравнение Шредингера. Волновая функция стационарного состояния. Стационарное уравнение Шредингера. Стандартные граничные условия (СГУ) и энергетический спектр квантовой системы. Простейшие задачи квантовой механики. Частица в потенциальной яме. Теорема о нулях волновой функции. Гармонический осциллятор. Энергия и амплитуда нулевых колебаний. Потенциальная ступенька. Надбарьерное отражение. Потенциальный барьер. Туннельный эффект, примеры его проявления (α - распад ядер, холодная эмиссия, автоионизация атома, эффект Джозефсона).
8. Квантование момента импульса. Орбитальный и спиновый момент импульса, правила квантования. Опыты Штерна и Герлаха. Сложение двух квантовых моментов. Приближения J-J и L-S связи. Символический терм атома.
9. Квантовая теория атома водорода. Радиальная и угловая волновые функции. Квантовые числа электрона в атоме, их физический смысл. Электронные облака основного и возбуждённого состояний атома водорода.
10. Основы квантовой физики многоэлектронных атомов. Снятие вырождения по орбитальному квантовому числу. Спектры атомов щелочных металлов. Поправка Ридберга, её квантовомеханический расчёт. Тонкая структура спектральных линий и энергетических уровней атома. Спин-орбитальное взаимодействие. Постоянная тонкой структуры. Принцип Паули. Электронная конфигурация атома. Периодическая система Менделеева.
11. Атом в магнитных и электрических полях. Магнитный момент атома. Эффекты Зеемана, Пашена и Бака. Магнитный резонанс. Эффект Штарка, понятие об электрическом резонансе.
12. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли.
13. Элементы квантовой физики молекул и твердых тел. Энергетические уровни молекул. Особенности спектров молекул. Объяснение возникновения кантов. Зонные модели диэлектриков, полупроводников, металлов. Количественные характеристики энергетических зон в твердом теле. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Примеры макроскопических квантовых явлений. Сверхпроводимость. Конденсация Бозе – Эйнштейна.
14. Размер ядра и атома. Нуклоны. Заряд, энергии связи электронов и нуклонов.

15. Масса протона и нейтрона. Дефект массы. Удельная энергия связи как функция атомного числа.
16. Закон сохранения барионного числа. Асимметрия барионного заряда.
17. Стабильность нуклонов и ядер. Долина стабильности.
18. Спин и магнитный момент ядер. Ядерный g-фактор.
19. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). Частоты.
20. Свойства и обменный характер ядерных сил. Пи-мезоны. Потенциал Юкавы.
21. Строение нуклонов. Кварки. Глюоны. Партоны.
22. Квадрупольный электрический момент ядра. Ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР).
23. Закон радиоактивного распада. Активность источника. Беккерель.
24. Альфа-распад. Основные свойства. Квантовая теория.
25. Бета-распад. Основные свойства. Бета – спектр.
26. Нарушение четности при слабых взаимодействиях.
27. Гамма-излучение возбужденных радиоактивных ядер. Проникающая способность.
28. Радиоактивные семейства (ряды). Радон и его свойства.
29. Механизмы потери энергии тяжелых заряженных частиц. Пробег альфа-частиц в веществе.
30. Механизмы потери энергии легких заряженных частиц. Пробег бета-частиц в веществе.
31. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Линейный коэффициент ослабления как функция энергии.
32. Взаимодействие нейтронов с веществом. Тепловые, медленные и быстрые нейтроны. Нейтронография.
33. Ионизационные детекторы ядерных излучений. Счетчик Гейгера – Мюллера. Полупроводниковые детекторы.
34. Детектирование ядерных излучений. Камера Вильсона.
35. Детектирование ядерных излучений. Счетчик Вавилова – Черенкова.
36. Характеристики поля радиоактивного излучения. Флюэнс, плотность потока части и энергии.
37. Дозовые единицы радиоактивного облучения. Поглощенная доза (грей, рад). Мощность дозы. Экспозиционная доза (Рентген).
38. Действие различных видов излучения на человека. Коэффициент качества излучения. Эквивалентная доза (зиверт, бэр).
39. Законы сохранения в ядерных реакциях.
40. Ядерная энергетика. Деление ядер. Синтез ядер.
41. Стандартная модель элементарных частиц. Кварки. Классификация кварков. Взаимодействие кварков. Суперструны.
42. Бозон Хиггса.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки 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			
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большой степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

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

Основная литература

1. Капуткин Д. Е., Пташинский В. В., Рахштадт Ю. А. Физика: Оптика. Атомная и ядерная физика. Ч. 3: учебное пособие / под ред. Ю. А. Рахштадта. – Москва: Изд. Дом МИСиС, 2014. – 103 с. – ISBN 978-5-87623-742-2. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1226922>
2. Общая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебно-методическое пособие для бакалавров направления подготовки 03.03.02 «Физика» (профиль «Физика конденсированного состояния вещества») и 44.03.01 «Педагогическое образование» (профиль «Физическое образование») / Н. И. Анисимова, Ю. А. Гороховатский, Е. А. Карулина [и др.]; под общ. ред. проф. Ю. А. Гороховатского. – Санкт-Петербург: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2018. – 183 с. – ISBN 978-5-8064-2540-0. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1172117>

Дополнительная литература

1. Милантьев В. П. Атомная физика: учебник и практикум для академического бакалавриата. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2019. – 415 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00405-2. – Текст: электронный. – URL: <https://urait.ru/bcode/434649>
2. Трофимова Т. И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов. – 7-е изд., стереотип. – Москва: Высшая школа, 2003. – 542 с. – ISBN 5-06-003634-0.
3. Матвеев А. Н. Атомная физика: учебное пособие для физических специальностей вузов. – Москва: Высшая школа, 1989. – 439 с. – ISBN 5-06-00056-7.
4. Иродов И. Е. Задачи по квантовой физике: учебное пособие для вузов. – 3-е изд. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 214 с. – ISBN 978-5-9963-0283-3.
5. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Атомная и ядерная физика: учебное пособие для вузов. Ч. 2: Ядерная физика. – Москва: Наука, 1989. – 416 с.
6. Ишханов Б. С., Капитонов И. М., Юдин Н. П. Частицы и атомные ядра: учебник для вузов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Книжный дом ЛИБРОКОМ, 2013. – 582 с. – (Классический университетский учебник).
7. Пец А. В. Введение в ядерную физику: учебное пособие для вузов. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2016. – 101 с.
8. Иродов И. Е., Савельев И. В., Замша О. И. Сборник задач по общей физике: для втузов / под ред. И. В. Савельева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Наука, 1975. – 319 с.

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

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

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

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

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

Программное обеспечение обучения включает в себя:

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

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

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

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

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

Аудитория 226 «Лаборатория атомной физики, физики атомного ядра и элементарных частиц». Основное материально-техническое обеспечение лаборатории:

- Персональные компьютеры и ноутбуки с программным обеспечением необходимым для проведения экспериментов и обработки физических величин;
- Лабораторная установка по детектированию и изучению движения заряженных частиц в магнитном поле;
- Камера Вильсона;
- Лабораторная установка по измерению контактной разности потенциалов;
- Спектральные источники излучения (водород, ртуть, натрий, ...);
- Лабораторная установка по изучению магнитного резонанса;
- Лабораторная установка по изучению потенциалов возбуждения атомов аргона;
- Лабораторная установка по изучению спектра водорода;
- Лабораторная установка по определению поправки Ридберга щелочных атомов;
- Лабораторная установка по определению постоянной тонкой структуры по спектру натрия;
- Цифровые спектрометры EnSpectr (2 экз.), с образовательной версией программного обеспечения;
- Лабораторная установка по изучению космического излучения с помощью счетчика Гейгера-Мюллера;
- Камера Вильсона;
- Лабораторная установка по изучению законов фотоэффекта;
- Компаратор по обработке фотографий атомных и молекулярных спектров;
- Призмный универсальный спектрометр УМ1.

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

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

обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

6. Наименование дисциплины: «Квантовая теория».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний о строении материи и принципиальном единстве закономерностей микро- и макромира на основе аппарата квантовой теории, а также развитие способности применять этот аппарат для описания состояний квантовых объектов и интерпретации экспериментальных данных.

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

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: основные постулаты квантовой механики, способы отображения в абстрактном пространстве состояний квантовых систем и их интерпретацию, математический аппарат и основные уравнения квантовой теории. Уметь: решать типовые задачи квантовой теории, объяснять строение и свойства квантовых систем. Владеть: навыками описания динамики и свойств простейших квантовых систем.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные

занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные понятия квантовой теории.	Гипотезы Планка, Бора, Эйнштейна, де Бройля. Волновая функция и принцип суперпозиции. Вероятностная интерпретация волновой функции. Собственные значения и собственные функции операторов. Дискретный и непрерывный спектры. Свойства собственных векторов, их полнота. Разложение векторов состояний по системе собственных векторов наблюдаемой. Нормировка собственных векторов в случаях дискретного и непрерывного спектров. Средние значения физических величин. Принцип неопределенностей. Каноническое преобразование. Принцип суперпозиции и представление динамических состояний векторами гильбертова пространства.
2.	Эволюция состояний квантовых систем.	Оператор Гамильтона. Нерелятивистское приближение. Уравнение Шредингера, уравнение неразрывности, плотность вероятности, стационарные состояния. Квантовое уравнение движения Гейзенберга. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы движения, их связь с симметрией систем. Представления Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия. Чистый ансамбль, чистое состояние. Смешанный ансамбль, смешанные состояния, статистический оператор, матрица плотности. Средние значения физических величин для смешанного ансамбля. Уравнение Неймана.
3.	Точно решаемые задачи квантовой теории.	Задача о гармоническом осцилляторе. Вторичное квантование, операторы рождения и уничтожения бозонов. Теория углового момента. Общие закономерности движения частицы в центрально-симметричном поле. Теория атома водорода.
4.	Спин.	Опыты Штерна и Герлаха, гипотеза Гаудсмита и Уленбека. Спин электрона, оператор спина, спиновые функции. Матрицы Паули, уравнение Паули. Спин-гамильтониан.
5.	Приближённые методы квантовой теории.	Квазиклассическое приближение. Метод ВКБ. Теория возмущений. Вариационный принцип для энергии и уравнения Эйлера. Прямой вариационный метод Ритца. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы под действием возмущения. Полуклассический подход в теории взаимодействия излучения с веществом. Поглощение и индуцированное излучение. Дипольное приближение. Правила отбора. Мультипольные переходы. Квантование электромагнитного поля.

6.	Системы многих частиц.	Принцип тождественности частиц. Оператор Гамильтона системы тождественных частиц, его инвариантность относительно перестановок частиц. Операторы и волновые функции многоэлектронных систем, принцип антисимметрии. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь в молекуле водорода.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные понятия квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Вероятностная интерпретация волновой функции. Основы квантовой теории измерений. Собственные значения и собственные функции операторов. Средние значения физических величин. Соотношение неопределенностей. Каноническое преобразование. Принцип суперпозиции и представление динамических состояний векторами гильбертова пространства.

Тема 2: Эволюция состояний квантовых систем.

Вопросы для обсуждения: Уравнение Шредингера, уравнение неразрывности, плотность вероятности, стационарные состояния. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы движения, их связь с симметрией систем. Представления Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия. Чистый ансамбль, чистое состояние. Смешанный ансамбль, смешанные состояния, статистический оператор, матрица плотности. Уравнение Неймана.

Тема 3: Точно решаемые задачи квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Задача о гармоническом осциляторе. Общие закономерности движения частицы в центрально-симметричном поле. Теория атома водорода.

Тема 4: Спин.

Вопросы для обсуждения: Опыты Штерна и Герлаха по измерению магнитного момента атома. Спин электрона, оператор спина электрона, спиновые функции, матрицы

Тема 5: Приближённые методы квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Квазиклассическое приближение. Метод ВКБ. Стационарная теория возмущений. Вариационный принцип для энергии и уравнения Эйлера. Прямой вариационный метод Рунца. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы под действием возмущения. Взаимодействие излучения с веществом. Квантование электромагнитного поля.

Тема 6: Системы многих частиц

Вопросы для обсуждения: Операторы и волновые функции многоэлектронных систем, принцип антисимметрии. Атом. Периодическая система элементов Менделеева. Химическая связь в молекуле водорода. Метод Гайтлера-Лондона.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия квантовой теории

Вопросы для обсуждения: Математический аппарат квантовой теории.

Тема 2: Эволюция состояний квантовых систем

Вопросы для обсуждения: Уравнение Шрёдингера, стационарные состояния. Интегралы

движения, законы сохранения.

Тема 3: Точно решаемые задачи квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Частица в прямоугольном потенциальном ящике. Гармонический осциллятор. Атом водорода.

Тема 4: Спин.

Вопросы для обсуждения: Спиновая поляризация. Фильтр Штерна-Герлаха. Сфера Блоха.

Тема 5: Приближённые методы квантовой теории.

Вопросы для обсуждения: Квазиклассическое приближение. Стационарная теория возмущений простого спектра. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения. Вариационный принцип для энергии. Прямой вариационный метод Рунца.

Тема 6: Системы многих частиц.

Вопросы для обсуждения: Принцип антисимметрии.

Построение многоэлектронных волновых функций.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Уравнение Шредингера, уравнение неразрывности, плотность вероятности, стационарные состояния. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы движения, их связь с симметрией систем. Представления Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия. Чистый ансамбль, чистое состояние. Смешанный ансамбль, смешанные состояния, статистический оператор, матрица плотности. Уравнение Неймана. Стационарная теория возмущений. Вариационный принцип для энергии и уравнения Эйлера. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы под действием возмущения. Операторы и волновые функции многоэлектронных систем, принцип антисимметрии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: расчёт волновой функции в бесконечной потенциальной яме, нахождение энергетического спектра гармонического осциллятора, вычисление коэффициента прохождения через барьер, определение среднего значения оператора в заданном состоянии, применение матриц Паули к спиновым состояниям, расчёт поправок стационарной теорией возмущений, вычисление вероятности перехода по золотому правилу Ферми, построение волнового пакета для свободной частицы, нахождение коммутаторов операторов, решение радиального уравнения для водородоподобного атома, оценка энергии основного состояния вариационным методом, расчёт тока вероятности.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: постулаты квантовой механики, стационарное уравнение Шредингера, временная эволюция состояний, гармонический осциллятор, туннельный эффект, частица в центральном поле, спин $\frac{1}{2}$ и матрицы Паули, принцип неопределённости, операторы физических величин, стационарная и нестационарная теория возмущений, вариационный метод, принцип тождественности частиц, принцип Паули, системы многих частиц, сложение моментов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории,

формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные понятия квантовой теории.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Эволюция состояний квантовых систем.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Точно решаемые задачи квантовой теории.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Спин.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Приближённые методы квантовой теории.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.
Системы многих частиц.	ОПК-1	Тестирование, решение задач.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

По теме 1. Основные понятия квантовой теории.

1. Время жизни электрона в метастабильном состоянии $\sim 10^{-3}$ с. Какой будет ширина метастабильного уровня (в эВ), если учесть, что постоянная Планка $\hbar = 6,6 \times 10^{-16}$ эВ $\times$ с ?

$6,6 \times 10^{-19}$
$6,6 \times 10^{-13}$
$1,5 \times 10^{-13}$
$1,5 \times 10^{-19}$

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

7. Рассмотреть следующие операторы:

- 1) Отражения (инверсии) $\hat{I}$: $\hat{I}\psi(x) \equiv \psi(-x)$;
- 2) Сдвига $\hat{T}_a$: $\hat{T}_a\psi(x) \equiv \psi(x + a)$;
- 3) Изменения масштаба $\hat{M}_c$: $\hat{M}_c\psi(x) \equiv \sqrt{c}\psi(cx), c > 0$;
- 4) Комплексного сопряжения $\hat{K}$: $\hat{K}\psi(x) \equiv \psi^*(x)$;
- 5) Перестановки координат двух частиц $\hat{P}_{12}$:
 $\hat{P}_{12}\psi(x_1, x_2) \equiv \psi(x_2, x_1)$.

Являются ли эти операторы линейными? Найти вид операторов,

которые по отношению к ним являются:

- а) эрмитово сопряженными;
- б) обратными.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Ограниченность классической теории и необходимость перехода к квантовым понятиям. Гипотезы Планка, Бора, де Бройля.
2. Линейные, эрмитовы, унитарные операторы. Квантовомеханическое толкование собственных значений и собственных функций операторов.
3. Операторы координаты, импульса, энергии.
4. Условие одновременной измеримости физических величин. Оператор момента импульса.

5. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния.
6. Статистическое толкование волновой функции. Средние значения физических величин.
7. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Интегралы уравнений движения.
8. Соотношение неопределенностей для физических величин.
9. Каноническое преобразование.
10. Представление Шредингера, Гейзенберга, взаимодействия.
11. Принцип суперпозиции и представление динамических состояний векторами гильбертова пространства.
12. Статистический оператор, матрица плотности.
13. Уравнение Неймана.
14. Задача о линейном гармоническом осцилляторе.
15. Операторы рождения и уничтожения для гармонического осциллятора.
16. Спектр и собственные функции оператора момента импульса.
17. Общие закономерности движения частицы в центрально-симметричном поле.
18. Атом водорода в нерелятивистском приближении.
19. Уравнение Шредингера для заряженной нерелятивистской частицы в электромагнитном поле.
20. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона.
21. Уравнение Паули. Спиновые функции.
22. Квазиклассическое приближение. Метод Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна.
23. Стационарная теория возмущений.
24. Вариационный принцип для энергии.
25. Нестационарная теория возмущений.
26. Квантовые переходы под действием возмущений.
27. Полуклассическая теория излучения.
28. Квантование электромагнитного поля.
29. Операторы и волновые функции многоэлектронных систем.
30. Химическая связь в молекуле водорода. Метод Гайтлера-Лондона.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу	отлично	зачтено	86-100

		теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского. – 6-е изд., испр. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 800 с. – ISBN 978-5-9221-0530-9. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223529>
2. Делоне, Н. Б. Квантовая физика / Н. Б. Делоне. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 88 с. – (Библиотека физико-математической литературы для школьников и студентов). – ISBN 5-9221-0459-4. – Текст: электронный. – URL:

Дополнительная литература

1. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики / Д. И. Блохинцев. – Москва: Наука, 2005. – 664 с.
2. Галицкий, В. М. Задачи по квантовой механике / В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. – Москва: Наука, 2006. – 879 с.
3. Давыдов, А. С. Квантовая механика / А. С. Давыдов. – Москва: Наука, 2006. – 748 с.
4. Ландау, Л. Д. Квантовая механика: нерелятивистская теория / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва: Наука, 2008. – 702 с.
5. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики / Б. В. Медведев. – Москва: Наука, 2007. – 496 с.
6. Мессиа, А. Квантовая механика: в 2 т. / А. Мессиа. – Москва: Наука, 2008. – Т. 1. – 478 с. ; Т. 2. – 583 с.
7. Таннуджи, К. Квантовая механика: в 2 т. / К. Таннуджи, Б. Диу, Ф. Лалоз. – Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2000. – Т. 1. – 941 с.; Т. 2. – 800 с.
8. Флюгге, З. Задачи по квантовой механике: в 2 т. / З. Флюгге. – Москва: Высшая школа, 2002. – Т. 1. – 341 с.; Т. 2. – 315 с.
9. Фок, В. А. Начала квантовой механики / В. А. Фок. – Москва: Наука, 2006. – 307 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий

лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Наименование дисциплины: «Электродинамика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системного понимания классической теории электромагнитного поля как одной из фундаментальных форм материи и готовности к практическому применению её основных приложений..

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: базовые знания в области электродинамики; место электродинамики в системе теоретической физики, границы применимости классической электродинамики, понимать связь электродинамики с другими дисциплинами, сущность научного метода. Уметь: использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые теоретические знания электродинамики; использовать при изучении электродинамики знания, полученные в курсах общей физики, высшей математики и классической механики. Владеть: математическим и понятийным аппаратом электродинамики в объеме, необходимом для понимания лекционного материала и решения задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электродинамика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла	Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике. Плотность тока и магнитное поле. Закон Био-Савара. Сила Лоренца и формула Ампера. Сохранение электрического заряда и уравнение непрерывности. Уравнения магнитостатики. Векторный потенциал. Граничные условия. Магнитный момент. Энергия и силы в магнитном поле. Коэффициенты индуктивности. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия и поток энергии электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Электромагнитные волны.
2.	Специальная теория относительности и релятивистская кинематика	Свойства пространства-времени и интервал. Преобразования Лоренца. Псевдоевклидова геометрия. Энергия и импульс. Кинематические задачи.
3.	Вариационные принципы в электродинамике	Взаимодействие заряженных частиц с электромагнитным полем. Уравнения движения релятивистской частицы. Преобразования напряженностей электромагнитного поля. Динамика орбитальных и спиновых магнитных моментов. Четырехмерная формулировка электродинамики.
4.	Излучение и рассеяние электромагнитных волн	Функция Грина волнового уравнения. Запаздывающие потенциалы. Спектральный состав излучения. Электромагнитное поле движущейся заряженной частицы. Потеря энергии и импульса заряженной частицей. Спектральное распределение излучения нерелятивистских частиц. Излучение при столкновениях частиц. Взаимодействие заряженной частицы с собственным электромагнитным полем. Сила радиационного торможения в релятивистском случае. Рассеяние электромагнитных волн частицами.
5.	Элементы электродинамики сплошных сред	Усреднение уравнений Максвелла в среде, поляризация и намагниченность среды, векторы индукции и напряженностей полей. Граничные условия. Электростатика проводников и диэлектриков. Электрические и магнитные свойства вещества. Квазистационарное электромагнитное поле.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла

Вопросы для обсуждения: Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике. Плотность тока и магнитное поле. Закон Био-Савара. Сила Лоренца и формула Ампера. Сохранение электрического заряда и уравнение непрерывности. Уравнения магнитостатики. Векторный потенциал. Граничные условия. Магнитный момент. Энергия и силы в магнитном поле. Коэффициенты индуктивности. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия и поток энергии электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Электромагнитные волны.

Тема 2: Специальная теория относительности и релятивистская кинематика.

Вопросы для обсуждения: Свойства пространства-времени и интервал. Преобразования Лоренца. Псевдоевклидова геометрия. Энергия и импульс. Кинематические задачи.

Тема 3: Вариационные принципы в электродинамике.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие заряженных частиц с электромагнитным полем. Уравнения движения релятивистской частицы. Преобразования напряженностей электромагнитного поля. Динамика орбитальных и спиновых магнитных моментов. Четырехмерная формулировка электродинамики.

Тема 4: Излучение и рассеяние электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: Функция Грина волнового уравнения. Запаздывающие потенциалы. Спектральный состав излучения. Электромагнитное поле движущейся заряженной частицы. Потеря энергии и импульса заряженной частицей. Спектральное распределение излучения нерелятивистских частиц. Излучение при столкновениях частиц. Взаимодействие заряженной частицы с собственным электромагнитным полем. Сила радиационного торможения в релятивистском случае. Рассеяние электромагнитных волн частицами.

Тема 5: Элементы электродинамики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Усреднение уравнений Максвелла в среде, поляризация и намагниченность среды, векторы индукции и напряженностей полей. Граничные условия. Электростатика проводников и диэлектриков. Электрические и магнитные свойства вещества. Квазистационарное электромагнитное поле.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла

Вопросы для обсуждения: Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике. Плотность тока и магнитное поле. Сохранение электрического заряда и уравнение непрерывности. Магнитный момент. Энергия и силы в магнитном поле. Закон электромагнитной индукции. Уравнения Максвелла. Граничные условия. Энергия и поток энергии электромагнитного поля. Электромагнитные потенциалы. Электромагнитные волны.

Тема 2: Специальная теория относительности и релятивистская кинематика.

Вопросы для обсуждения: Свойства пространства-времени и интервал. Преобразования Лоренца. Псевдоевклидова геометрия. Энергия и импульс. Кинематические задачи.

Тема 3: Вариационные принципы в электродинамике.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие заряженных частиц с электромагнитным полем. Уравнения движения релятивистской частицы. Четырехмерная формулировка электродинамики. Тензор электромагнитного поля. Преобразования напряженностей электромагнитного поля. Динамика орбитальных и спиновых магнитных моментов.

Тема 4: Излучение и рассеяние электромагнитных волн.

Вопросы для обсуждения: Функция Грина волнового уравнения. Запаздывающие потенциалы. Спектральный состав излучения. Электромагнитное поле движущейся заряженной частицы. Потеря энергии и импульса заряженной частицей. Спектральное распределение излучения частиц. Излучение при столкновениях частиц. Взаимодействие заряженной частицы с собственным электромагнитным полем. Сила радиационного торможения в релятивистском случае. Рассеяние электромагнитных волн частицами.

Тема 5: Элементы электродинамики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Электростатика проводников и диэлектриков. Электрические и магнитные свойства вещества. Квасистационарное электромагнитное поле.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: физический смысл векторов электромагнитного поля (E , D , B , H), плотности заряда и тока, интегральная и дифференциальная формы уравнений Максвелла, граничные условия для полей, закон сохранения электрического заряда, постулаты специальной теории относительности, преобразования Лоренца для координат, времени и скоростей, собственное время, интервал, принцип причинности, принцип наименьшего действия, действие для электромагнитного поля, поле излучающей системы, дипольное излучение, функция Грина волнового уравнения, ближняя и дальняя зоны излучения, рассеяние электромагнитных волн на свободных и связанных зарядах, материальные уравнения сплошных сред, классификация, граничные условия на поверхности раздела сред, дисперсия электромагнитных волн в среде, тензор диэлектрической проницаемости.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт статических и динамических полей по заданным источникам, применение теорем Гаусса и Стокса к уравнениям Максвелла, вывод волновых уравнений для полей, решение краевых задач на границах раздела сред, применение преобразований Лоренца для решения задач на относительность одновременности, сокращение длины, замедление времени
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Воспроизведение уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме, формулировка законов Фарадея, Ампера–Максвелла, Гаусса для электрического и магнитного полей, решение типовых задач на нахождение полей с симметричными конфигурациями зарядов и токов, преобразования Лоренца и релятивистский закон сложения скоростей.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю

уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла	ОПК-1	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
Специальная теория относительности и релятивистская кинематика	ОПК-1	Решение типовых задач
Вариационные принципы в электродинамике	ОПК-1	Решение типовых задач, домашняя самостоятельная работа, контрольная работа
Излучение и рассеяние электромагнитных волн	ОПК-1	Решение типовых задач
Элементы электродинамики сплошных сред	ОПК-1	Решение типовых задач

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задачи по темам практических занятий

К теме 1. Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла.

Разделы темы: Закон Кулона. Электрическое поле. Электростатический потенциал. Уравнения электростатики. Граничные условия. Разложение по мультиполям. Энергия и силы в электростатике.

- Бесконечная плоская плита толщиной a равномерно заряжена по объему с плотностью ρ . Найти потенциал φ и напряженность E электрического поля.

Решение: применим теорему Гаусса. Систему координат выберем так, что плоскость XY пересекает плиту пополам. Для нахождения поля в точке на расстоянии z от плоскости XY окружим плиту параллелепипедом, располагающимся симметрично относительно плоскости XY так, что точка с координатой z лежит на верхней или нижней грани этого параллелепипеда. Из соображений симметрии очевидно, что поле направлено перпендикулярно грани и имеет одинаковую величину во всех точках. Тогда по теореме Гаусса имеем:

$$\oint_S \mathbf{E} d\mathbf{S} = 4\pi \iiint_V \rho dV$$

Учитывая, что поток вектора напряженности по боковым граням равен нулю, поле нормально по отношению к верхней и нижней граням, получим, что левая часть теоремы Гаусса равна $2ES$. Значение правой зависит от того, находится ли точка внутри плиты или вне ее. Если точка находится вне плиты, то правая часть – это весь заряд плиты, т.е. $4\pi\rho aS$, если внутри, то $4\pi\rho|z|S$. Для напряженности получаем:

$$\mathbf{E} = \begin{cases} 2\pi a \rho \operatorname{sgn}(z) \mathbf{k}, & |z| > a, \\ 2\pi z \rho \mathbf{k}, & |z| < a. \end{cases}$$

Потенциал можно найти как $\varphi = \int E dr$. Используя условие непрерывности потенциала на границе между плитой и пространством (при $z=a/2$), можно найти, что

$$\varphi = \begin{cases} 2\pi a |z| \rho, & |z| > a, \\ \pi z^2 \rho + \frac{3}{4} \pi a^2 \rho, & |z| < a. \end{cases}$$

Здесь на потенциал наложено условие, что при $z=0$ $\varphi=0$ (возможно иное условие, тогда ответ отличается на постоянную).

- Плоскость $z=0$ заряжена с плотностью, меняющейся по периодическому закону $\sigma = \sigma_0 \sin \alpha x \sin \beta y$. Найти потенциал этой системы зарядов.

Решение. Используем уравнение Лапласа для потенциала

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0.$$

Т.к. заряд распределен по поверхности, то граничное условие на величину скачка производной потенциала по нормали к поверхности имеет вид:

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right|_{z=0+\varepsilon} - \left. \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right|_{z=0-\varepsilon} = -4\pi\sigma = -4\pi\sigma_0 \sin \alpha x \sin \beta y.$$

Чтобы удовлетворить граничным условиям, будем искать решение уравнения Лапласа в виде:

$$\varphi = F(z) \sin \alpha x \sin \beta y.$$

Подстановка в уравнение Лапласа после деления на общий множитель дает уравнение для $F(z)$:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial z^2} = k^2 F, k = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}.$$

Учитывая, что потенциал по смыслу должен убывать с расстоянием от z , найдем, что

$$F = \begin{cases} C \exp(-kz), & z > 0, \\ C \exp(kz), & z < 0. \end{cases}$$

Наконец, постоянная C найдется из граничного условия:

$$C = \frac{2\pi\sigma_0}{k}.$$

1. Найти потенциал и напряженность E электрического поля сферы радиуса R , равномерно заряженной по поверхности. Заряд сферы q .
2. Внутри шара радиуса R , равномерно заряженного по объему с плотностью ρ , имеется незаряженная шарообразная полость, радиус которой R_1 , а центр отстоит от центра шара на расстояние a ($a+R_1 < R$). Найти электрическое поле E в полости.
3. Пространство между двумя концентрическими сферами, радиусы которых R_1 и R_2 , заряжено с объемной плотностью $\rho = a/r^2$. Найти полный заряд q , потенциал и напряженности электрического поля.
4. Найти энергию электростатического поля W для распределений зарядов, указанных в задачах 3,4,5. Провести вычисления двумя способами.
5. Плоскости двух тонких коаксиальных равномерно заряженных колец одинакового радиуса R находятся на расстоянии a друг от друга. Работа, которую надо совершить, чтобы перенести точечный заряд q из бесконечности в центр каждого из колец, равна соответственно A_1 и A_2 . Найти заряды на кольцах q_1 и q_2 .
6. Тонкое круглое кольцо радиуса R состоит из двух равномерно и противоположно заряженных полуколец с зарядами q и $-q$. Найти потенциал и напряженность электрического поля на оси кольца и вблизи нее.
7. Выразить потенциал равномерно заряженного круглого тонкого кольца с зарядом q и радиусом R через полный эллиптический интеграл первого рода.
8. Найти потенциал электрического поля на больших расстояниях от следующих систем зарядов: а) заряды q , $-2q$, q расположены по оси z на расстоянии a друг от друга (линейный квадруполь); б) заряды $\pm q$ расположены в вершинах квадрата со стороной a так, что соседние заряды имеют разные знаки, причем в начале координат находится заряд $+q$, а стороны квадрата параллельны осям x и y (плоский квадруполь).

Примерные варианты для аудиторной контрольной работы.

К теме 1. Основные понятия электродинамики. Уравнения Максвелла.

1. Заряд распределен в пространстве по периодическому закону $\rho = \rho_0 \cos \alpha x \cos \beta y \cos \gamma z$, образуя бесконечную пространственную периодическую решетку. Найти потенциал φ электрического поля.
2. Бесконечно длинный круговой цилиндр радиуса R равномерно заряжен по объему или по поверхности так, что на единицу его длины приходится заряд λ . Найти потенциал и напряженность электрического поля.
3. Прямолинейная, бесконечно длинная полоса имеет ширину a . Вдоль

полосы течет ток J , равномерно распределенный по ее ширине. Найти магнитное поле. Проверить результат, рассмотрев предельный случай поля на больших расстояниях.

4. Определить магнитное поле H на оси соленоида с густой намоткой, имеющего форму цилиндра. Высота цилиндра h , радиус a , число витков на единицу длины n , сила тока J .

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Преобразования Лоренца
2. Четырехмерные векторы
3. Принцип наименьшего действия в релятивистской механике
4. Четырехмерный потенциал поля
5. Калибровочная инвариантность
6. Постоянное электромагнитное поле
7. Движение в постоянном однородном электрическом поле
8. Движение в постоянном однородном магнитном поле
9. Движение заряда в постоянных однородных электрическом и магнитном полях
10. Тензор электромагнитного поля
11. Преобразования Лоренца для поля
12. Первая пара уравнений Максвелла
13. Действие для электромагнитного поля
14. Вторая пара уравнений Максвелла
15. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности
16. Плотность и поток энергии
17. Тензор энергии-импульса
18. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля
19. Закон Кулона. Электростатическая энергия взаимодействия зарядов
20. Поле равномерно движущегося заряда
21. Дипольный момент. Квадрупольный момент
22. Система зарядов во внешнем поле
23. Постоянное магнитное поле. Закон Био-Савара
24. Магнитный момент
25. Волновое уравнение. Плоские волны
26. Монохроматическая плоская волна
27. Спектральное разложение
28. Частично поляризованный свет
29. Запаздывающие потенциалы
30. Потенциалы Лиенара-Вихерта
31. Дипольное излучение
32. Квадрупольное и магнитно-дипольное излучение
33. Излучение быстро движущегося заряда
34. Магнито-тормозное излучение
35. Торможение излучением
36. Электростатическое поле проводников
37. Методы решения электростатических задач
38. Электростатическое поле в диэлектриках
39. Диэлектрическая проницаемость
40. Плотность тока и проводимость
41. Постоянное магнитное поле. Намагниченность
42. Магнитное поле постоянных токов

43. Энергия системы токов
44. Самоиндукция линейных проводников
45. Ферромагнетик вблизи точки Кюри
46. Кривая намагниченности ферромагнетиков
47. Магнитные свойства сверхпроводников
48. Сверхпроводящий ток
49. Уравнения квазистационарного поля
50. Глубина проникновения магнитного поля в проводник
51. Скин-эффект
52. Комплексное сопротивление.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных	хорошо		71-85

	большей степени самостоятельности и инициативы	теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Будагян, И. Ф. Электродинамика: учебное пособие / И. Ф. Будагян, В. Ф. Дубровин, А. С. Сигов. — Москва: Альфа-М : ИНФРА-М, 2019. — 304 с. — (Магистратура). — ISBN 978-5-98281-329-9. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010105>

Дополнительная литература

1. Кондратьев, Е. Ф. Лекции по электромагнетизму: краткий курс: в 2 ч. Ч. 1 / Е. Ф. Кондратьев ; Калинингр. гос. ун-т. — Калининград : КГУ, 1998. — 89 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

1. Наименование дисциплины: «Термодинамика и статистическая физика».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов современного представления о статистическом и термодинамическом (феноменологическом) описании свойств равновесных и неравновесных макроскопических систем из большого числа частиц путём освоения основ классической статистической физики равновесных систем, термодинамического описания равновесных состояний и квазистатистических процессов, свойств необратимых процессов приближения к термодинамическому равновесию, условий равновесия и устойчивости термодинамических систем, характеристик флуктуаций в равновесных системах, а также основ квантовой статистики.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: основные определения, понятия, общие теоремы и принципы термодинамики и статистической физики для анализа различных систем с большим числом частиц, а также методы термодинамики и статистической физики для анализа и решения различных физических задач, связанных с термодинамическими системами. Уметь: применять методы, теоремы и принципы термодинамики и статистической физики для решения теоретических и прикладных задач, включая быстрый прикидочный расчёт термодинамических систем; Владеть: инструментарием для статистического описания систем и термодинамических процессов; методами расчетов описания динамики термодинамических систем и описания физических процессов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основные понятия и исходные положения термодинамики	Термодинамические системы, параметры и равновесие. Исходные положения термодинамики и их обсуждение. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия системы. Работа и теплота. Термические и калорическое уравнения состояния
2.	Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики	Уравнение первого начала термодинамики. Теплоемкости и теплоты изотермического изменения внешних параметров. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Связь модулей упругости с теплоемкостями
3.	Второе начало термодинамики	Общая характеристика и исходная формулировка второго начала термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатной недостижимости и второе начало для равновесных процессов. Энтропия и термодинамическая температура. Математическое обоснование существования энтропии и термодинамической температуры. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики. Цикл Карно и теоремы Карно. Самопроизвольный переход теплоты. Пределы применимости второго начала термодинамики. Направление времени.
4.	Третье начало термодинамики	Формулировка третьего начала термодинамики. Некоторые следствия третьего начала термодинамики

5.	Методы термодинамики	Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов Уравнение Гиббса—Гельмгольца. Термодинамические потенциалы идеального газа. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц.
6.	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле Шателье — Брауна.
7.	Термодинамика различных физических систем	Термодинамика гальванических и топливных элементов. Определение химического сродства. Охлаждение газа при необратимом и обратимом адиабатных расширениях. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Равновесие гомогенной системы. Равновесие гетерогенной системы. Термодинамика излучения. Термодинамика плазмы
8.	Фазовые переходы и критические явления	Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона — Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Термодинамика сверхпроводящего перехода. Критические и закритические явления. Термодинамическая теория критических индексов
9.	Предмет, метод и методология статистической физики	Предмет и метод статистической физики. К вопросу возникновения и развития. Молекулярно-кинетической теории материи. Место статистической физики в раскрытии материалистической картины мира. Феноменологические и молекулярно-кинетические теории. Модельность в статистической физике. Классическая и квантовая модели вещества
10.	Основные представления классической статистической физики	Невозможность последовательного механического описания физических систем многих частиц. Макроскопическое и микроскопическое описание системы в термодинамическом равновесии. Изображение системы в фазовом пространстве Элемент фазового объема. Вероятность нахождения системы в фазовом пространстве. Теорема о сохранении фазового объема (Теорема Лиувилля) Макроскопические величины как фазовые средние.
11.	Стационарные функции распределения	Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Свойства канонического распределения. Физический смысл параметров канонического распределения. Энтропия и ее связь с вероятностью состояния. Распределение Максвелла — Больцмана. Большое каноническое распределение Гиббса.
12.	Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.	Смешанный квантовый ансамбль. Статистический оператор, матрица плотности, свойства матрицы плотности. Уравнение Лиувилля - Неймана.
13.	Распределение Ферми и Бозе	Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные Ферми- и Бозе-газы. Ферми- и бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа. Слабые поля. Магнетизм электронного газа. Сильные поля. Релятивистский вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ.

		Черное излучение.
14.	Флуктуации	Распределение Гаусса. Распределение Гаусса для нескольких величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Формула Пуассона. Флуктуации в растворах.
15.	Кинетическое уравнение Больцмана	Общий вид кинетического уравнения. Интеграл столкновений. Использование принципа детального равновесия. Следствия из уравнения Больцмана. Равновесное распределение молекул по скоростям. H — теорема Больцмана. Приближение времени релаксации.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основные понятия и исходные положения термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Термодинамическая система и её параметры. Термодинамическое равновесие. Гомогенные и гетерогенные системы. Понятия фазы и компонента. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия как функция состояния. Работа и теплота как формы передачи энергии.

Тема 2: Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Математическая формулировка первого начала термодинамики. Теплоёмкость при постоянном объёме и при постоянном давлении. Теплота изотермического изменения внешних параметров.

Тема 3: Второе начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатной недостижимости. Энтропия как функция состояния. Термодинамическая температура. Математическое обоснование существования энтропии и температуры. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния.

Тема 4: Третье начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Формулировка третьего начала. Невозможность достижения абсолютного нуля температур. Поведение энтропии, теплоёмкостей и коэффициента теплового расширения при низких температурах.

Тема 5: Методы термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы. Уравнение Гиббса–Гельмгольца. Термодинамические потенциалы идеального газа. Термодинамические потенциалы сложных систем. Системы с переменным числом частиц и химический потенциал.

Тема 6: Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем.

Вопросы для обсуждения: Общие условия термодинамического равновесия. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы. Принцип Ле Шателье–Брауна.

Тема 7: Термодинамика различных физических систем.

Вопросы для обсуждения: Термодинамика гальванических и топливных элементов. Понятие химического сродства. Охлаждение газа при необратимом и обратимом адиабатном расширении. Термодинамика диэлектриков. Термодинамика магнетиков. Равновесие гомогенной и гетерогенной систем. Термодинамика излучения. Термодинамика

плазмы.

Тема 8: Фазовые переходы и критические явления.

Вопросы для обсуждения: Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода и уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Фазовые переходы второго рода и уравнения Эренфеста. Термодинамика сверхпроводящего перехода. Критические и закритические явления. Термодинамическая теория критических индексов.

Тема 9: Предмет, метод и методология статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Предмет и метод статистической физики. Феноменологические и молекулярно-кинетические теории. Модельность в статистической физике. Классическая и квантовая модели вещества.

Тема 10: Основные представления классической статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Макроскопическое и микроскопическое описание системы в равновесии. Фазовое пространство. Элемент фазового объёма. Вероятность нахождения системы в фазовом пространстве. Теорема Лиувилля. Макроскопические величины как фазовые средние.

Тема 11: Стационарные функции распределения.

Вопросы для обсуждения: Микроканоническое распределение Гиббса. Каноническое распределение Гиббса и физический смысл его параметров. Энтропия и её связь с вероятностью состояния. Распределение Максвелла–Больцмана. Большое каноническое распределение Гиббса.

Тема 12: Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.

Вопросы для обсуждения: Статистический оператор и его свойства. Уравнение Лиувилля–Неймана.

Тема 13: Распределение Ферми и Бозе.

Вопросы для обсуждения: Неравновесные ферми- и бозе-газы. Вырожденный электронный газ. Теплоёмкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа в слабых и сильных полях. Релятивистский вырожденный электронный газ

Тема 14: Флуктуации.

Вопросы для обсуждения: Распределение Гаусса для одной и нескольких величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Формула Пуассона.

Тема 15: Кинетическое уравнение Больцмана.

Вопросы для обсуждения: Общий вид кинетического уравнения. Интеграл столкновений. Принцип детального равновесия. Следствия из уравнения Больцмана. Равновесное распределение.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основные понятия и исходные положения термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Определение числа термодинамических степеней свободы системы. Расчёт работы и теплоты в простейших процессах.

Тема 2: Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Расчёт изменения внутренней энергии в изохорном, изобарном, изотермическом и адиабатном процессах. Вычисление теплоёмкости при постоянном объёме и постоянном давлении по экспериментальным данным.

Тема 3: Второе начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициента полезного действия цикла Карно. Решение задач на парадокс Гиббса при смешении газов. Применение неравенства Клаузиуса для анализа направленности процессов.

Тема 4: Третье начало термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Расчёт теплоёмкости при низких температурах с использованием следствий третьего начала.

Тема 5: Методы термодинамики.

Вопросы для обсуждения: Вычисление термодинамических потенциалов для идеального газа. Применение уравнения Гиббса–Гельмгольца для расчёта работы и теплоты.

Тема 6: Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем.

Вопросы для обсуждения: Анализ устойчивости равновесия по знаку вторых производных термодинамических потенциалов.

Тема 7: Термодинамика различных физических систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт охлаждения газа при необратимом адиабатном расширении. Вычисление энергии и давления равновесного излучения.

Тема 8: Фазовые переходы и критические явления.

Вопросы для обсуждения: Применение уравнения Клапейрона–Клаузиуса для расчёта скрытой теплоты фазового перехода.

Тема 9: Предмет, метод и методология статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Различение феноменологического и статистического подходов при решении конкретных физических задач. Выбор классической или квантовой модели вещества в зависимости от условий задачи.

Тема 10: Основные представления классической статистической физики.

Вопросы для обсуждения: Вычисление числа микросостояний для простых систем. Расчёт фазового объёма в Гамма-пространстве.

Тема 11: Стационарные функции распределения.

Вопросы для обсуждения: Вычисление статистической суммы для канонического ансамбля идеального газа. Расчёт энтропии по формуле Больцмана.

Тема 12: Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.

Вопросы для обсуждения: Построение матрицы плотности для двухуровневой квантовой системы. Расчёт средних значений физических величин с помощью оператора плотности.

Тема 13: Распределение Ферми и Бозе.

Вопросы для обсуждения: Вычисление теплоёмкости вырожденного электронного газа.

Тема 14: Флуктуации.

Вопросы для обсуждения: Вычисление среднеквадратичной флуктуации энергии, объёма и числа частиц. Применение распределения Гаусса для оценки вероятности флуктуаций.

Тема 15: Кинетическое уравнение Больцмана.

Вопросы для обсуждения: Оценка времени релаксации для различных механизмов столкновений. Расчёт коэффициентов переноса в приближении времени релаксации.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Основные понятия и исходные положения термодинамики	Определение термического коэффициента объёмного расширения твёрдого тела.
2	Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики	Определение отношения теплоёмкостей газа.
3	Второе начало термодинамики	Изучение цикла Карно на модели тепловой машины и расчёт изменения энтропии при смешении газов.
4	Третье начало термодинамики	Исследование температурной зависимости теплоёмкости твёрдого тела при низких

		температурах
5	Методы термодинамики	Определение термодинамических потенциалов в компьютерной модели идеального газа.
6	Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	Наблюдение равновесия фаз в двухфазной системе и проверка правила фаз Гиббса.
7	Термодинамика различных физических систем	Изучение поляризации диэлектрика в электрическом поле и её температурной зависимости
8	Фазовые переходы и критические явления	Построение кривой охлаждения и определение скрытой теплоты парообразования по уравнению Клапейрона – Клаузиуса
9	Предмет, метод и методология статистической физики	-
10	Основные представления классической статистической физики	Компьютерное моделирование распределения молекул по скоростям
11	Стационарные функции распределения	Изучение распределения Максвелла – Больцмана.
12	Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.	-
13	Распределение Ферми и Бозе	Компьютерное моделирование вырожденного электронного газа
14	Флуктуации	Компьютерное моделирование флуктуаций плотности и энергии в идеальном газе
15	Кинетическое уравнение Больцмана	Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом горячей нити.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основные понятия и исходные положения термодинамики. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики. Методы термодинамики. Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем. Термодинамика различных физических систем. Фазовые переходы и критические явления. Предмет, метод и методология статистической физики. Основные представления классической статистической физики. Стационарные функции распределения. Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности. Флуктуации. Кинетическое уравнение Больцмана.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт работы, теплоты и внутренней энергии в различных процессах. Применение первого начала термодинамики. Вычисление изменения энтропии, анализ цикла Карно. Использование третьего начала для расчёта абсолютной энтропии. Вычисление термодинамических потенциалов и применение уравнения Гиббса–Гельмгольца. Условия равновесия и устойчивость двухфазных систем. Термодинамика диэлектриков, магнетиков и излучения. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса и фазовые переходы. Статистический расчёт числа микросостояний и фазовых средних. Применение распределений Максвелла–Больцмана.

Расчёт флуктуаций. Решение кинетического уравнения Больцмана в приближении времени релаксации.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные определения и параметры термодинамических систем. Первое и второе начала термодинамики, энтропия, цикл Карно. Третье начало и его следствия. Термодинамические потенциалы, условия равновесия. Фазовые переходы, уравнение Клапейрона–Клаузиуса. Статистические распределения (микроканоническое, каноническое, большое каноническое). Распределения Максвелла–Больцмана, Ферми–Дирака, Бозе–Эйнштейна. Вырожденные ферми- и бозе-газы. Флуктуации и распределение Гаусса. Кинетическое уравнение Больцмана, H-теорема, время релаксации.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основные понятия и исходные положения термодинамики	ОПК-1	Опрос
Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики	ОПК-1	Опрос
Второе начало термодинамики	ОПК-1	Опрос
Третье начало термодинамики	ОПК-1	Опрос
Методы термодинамики	ОПК-1	Опрос
Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем	ОПК-1	Опрос
Термодинамика различных физических систем	ОПК-1	Контрольная работа
Фазовые переходы и критические явления	ОПК-1	Опрос
Предмет, метод и методология статистической физики	ОПК-1	Опрос
Основные представления классической статистической физики	ОПК-1	Опрос
Стационарные функции распределения	ОПК-1	Опрос
Микросостояния в квантовой механике. Матрица плотности.	ОПК-1	Опрос
Распределение Ферми и Бозе	ОПК-1	Опрос
Флуктуации	ОПК-1	Контрольная работа
Кинетическое уравнение Больцмана	ОПК-1	Опрос

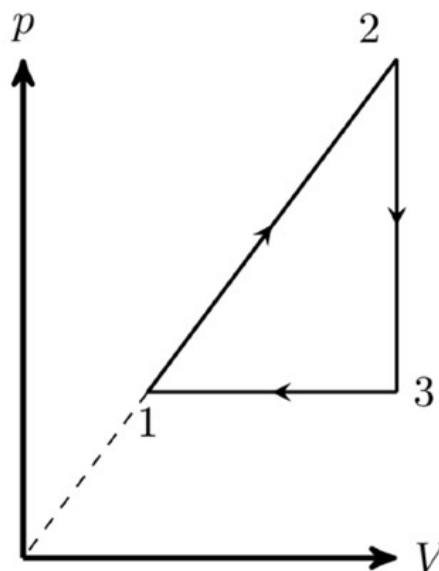
8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

1. Докажите, что при фазовых превращениях первого рода удельная свободная энергия и удельная энтальпия испытывают разрыв.

2. Получите формулу для к.п.д. цикла Лемуара, состоящего из изохорического, адиабатического и изобарического процессов (см. рис.). Параметром цикла является степень повышения давления

$$\delta = \frac{p_2}{p_1}$$



3. Какую долю количества теплоты, сообщаемого идеальному газу в процессе политропического расширения, составляет совершаемая им работа?

Примеры вопросов для устного опроса:

1. Какие системы называют термодинамическими?
- 2.

Что

1. Покажите, что для однородной изотропной системы справедливо равенство $c_p = T \left[\left(\frac{\partial^2 H}{\partial S^2} \right)_p \right]^{-1}$, где H - энтальпия, S - энтропия, c_p - теплоемкость при постоянном давлении, T -абсолютная температура
2. Стержень длиной l растягивается под действием силы f . Найдите связь между изотермическим и адиабатическим коэффициентами удлинения $\frac{1}{l} \frac{\partial l}{\partial f}$, считая, что деформация является упругой и длина стержня зависит от температуры
3. Чему равно отношение $\frac{c_p}{c_v}$ для газовой смеси из двух киломолей гелия 0,5 киломоля кислорода.

называют эмпирической температурой?

3. Какой процесс называют квазистатическим?
4. Какие способы передачи энергии различаются в термодинамике и как их отличить?
5. Чему равно общее число термических и калорических уравнений состояния системы.
6. Сформулируйте принцип адиабатной недостижимости Каратеодори
7. Почему температура, измеряемую по шкале Кельвина, называется абсолютной?
8. Сформулируйте парадокс Гиббса
9. В каких случаях достаточно одного уравнения для полного описания термодинамической системы
10. Какая величина остаётся неизменной при необратимом адиабатном расширении?
11. Почему термодинамическое описание ферромагнетиков значительно сложнее термодинамического описания парамагнетиков?
12. Сколько может быть тройных точек в однокомпонентной системе и почему?
13. В каком случае функция распределения является первым интегралом движения системы?
14. Почему функция распределения замкнутой системы зависит только от энергии.
15. Что означает интеграл со штрихом и для чего он был введён?
16. Чем отличается микроканоническое распределение в квантовом и классических случаях и с чем связано это отличие?
17. Объяснить, почему изолированная макроскопическая система стремится к состоянию равновесия с точки зрения статистической физики
18. Распределение Максвелла выводится из распределения Гиббса, почему его нельзя считать частным случаем распределения Гиббса
19. Почему в классической физике частицы являются различимыми, а в квантовой нет?
20. Почему число частиц на нижнем энергетическом уровне вблизи абсолютного нуля нельзя считать в квазиклассическом приближении?
21. В каком случае электроны в металле могут рассматриваться при помощи классической статистики?
22. Почему статистическая теория флуктуаций строится на основе энтропии?
23. Как выглядит уравнение состояния квантового идеального газа
24. Как в квантовой статистической физике посчитать среднее от произвольной физической величины?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Термодинамические системы, параметры, равновесие. Постулаты термодинамики. Гомогенные и гетерогенные системы, фазы, компоненты. Равновесные и неравновесные процессы.
2. Внутренняя энергия, работа и теплота. Термическое и калорическое уравнения состояния. Уравнения состояния реальных газов.
3. Первое начало термодинамики. Теплоёмкость и теплоты изотермического изменения внешних параметров.
4. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Модули упругости.
5. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.
6. Принцип адиабатной недостижимости. Второе начало термодинамики для равновесных процессов. Энтропия. Термодинамическая температура.
7. Энтропия и термодинамическая температура, математическое обоснование их существования.
8. Основное уравнения термодинамики равновесных процессов. Связь между термическими и калорическим уравнениями состояния. Парадокс Гиббса.
9. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Основное уравнение и

основное неравенство термодинамики.

10. Цикл Карно. Теоремы Карно.
11. Третье начало термодинамики и его следствия.
12. Метод циклов. Пример использования метода циклов.
13. Метод термодинамических потенциалов. Характеристические функции. Физический смысл термодинамических потенциалов.
14. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Использование свойств Якобианов при решении задач термодинамики.
15. Термодинамические потенциалы сложных систем. Химический потенциал.
16. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости.
17. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы. Условия устойчивости равновесия однородной системы.
18. Принцип Ле Шателье-Брауна
19. Эффект Джоуля-Томсона.
20. Термодинамика диэлектриков и парамагнетиков.
21. Равновесие гомогенной системы. Закон действующих масс.
22. Равновесие гетерогенной системы. Правило фаз Гиббса. Кривые равновесия, тройная точка.
23. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
24. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста.
25. Предмет и методы статистической физики и термодинамики. Фазовое пространство. Статистический ансамбль. Эргодическая гипотеза
26. Теорема Луивилля. Методы проверки теоремы Лиувилля. Зависимость функции распределения от энергии.
27. Микро- и макросостояния квантовой механике. Матрица плотности. Уравнение Луивилля-Неймана.
28. Микроканоническое распределение. Статистическое определение энтропии. Энтропия микроканонического ансамбля.
29. Каноническое распределение Гиббса, его свойства.
30. Физический смысл параметров канонического распределения Гиббса. Энтропия и ее связь с вероятностью состояния.
31. Идеальный газ. Вывод калорического и термического уравнения состояния.
32. Распределение Максвелла-Больцмана. Распределение Максвелла по скоростям, по энергиям, по модулю скорости. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.
33. Большое каноническое распределение Гиббса. Термодинамический смысл большого термодинамического потенциала.
34. Частичные функции распределения.
35. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
36. Ферми и Бозе газы элементарных частиц.
37. Вырожденный электронный газ. Энергия Ферми.
38. Вырожденный Бозе газ. Бозе конденсация.
39. Чёрное излучение. Распределение Планка. Закон Стефана-Больцмана.
40. Флуктуации. Распределение Гаусса для одной и нескольких величин.
41. Флуктуации основных термодинамических величин.
42. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Приближение релаксации
43. Статистика парамагнетиков

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательн	Основные признаки	Пятибалл	Двухб	БРС,	%

	ое описание уровня	выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	ьная шкала (академи ческая) оценка	алльн ая шкал а, зачет	освоени я (рейтин говая оценка)
Повыш енный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтен о	86-100
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого	удовлетв орительн о		55-70

очный)		материала			
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Т. 5. Статистическая физика. Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского. — 6-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018. — 620 с. — ISBN 978-5-9221-1510-0. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223531>

Дополнительная литература

1. Базаров, И. П. Термодинамика: учебник для физических специальностей университетов / И. П. Базаров. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Высшая школа, 1983. — 344 с.
2. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика: учебное пособие для физических специальностей вузов / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. — Москва: Наука, 1977. — 552 с.
3. Шитик, Т. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие / Т. В. Шитик. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. — 184 с. — ISBN 978-5-9729-1087-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902597>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий

используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

1. Наименование дисциплины: «Теоретическая механика и механика сплошных сред».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний об основных понятиях, законах и математических моделях движения материальных тел и сплошных сред, а также освоение методов силового, кинематического и динамического расчёта механических систем, включая аналитические и вариационные подходы к описанию движения.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: фундаментальные понятия, общие теоремы и принципы теоретической механики, а также основы аналитической механики, необходимые для анализа движения твёрдых тел и сплошных сред; Уметь: применять теоретические методы для решения прикладных и теоретических задач механики, выполняя оперативную оценку параметров механических систем; Владеть: инструментарием статического, кинематического, динамического и аналитического расчёта движения, методами расчёта элементов машин и механизмов, а также методами описания физических процессов в механике.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая механика и механика сплошных сред» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.	Предмет теоретической механики и ее основные понятия. Уравнение движения точки и ее траектория. Скорость точки. Ускорение точки. Проекция ускорения на естественные оси. Частные случаи движения точки. Физический смысл тангенциального и нормального ускорения точки. Уравнения движения точки в криволинейных координатах. Проекция скорости и ускорения на оси криволинейных координат. Механические системы и классификация связей. Ограничения на скорость и ускорение, налагаемые геометрическими связями. Число степеней свободы системы. Обобщенные координаты уравнения движения системы, обобщенные скорости.
2.	Кинематика твердого тела или неизменяемой среды	Уравнения движения абсолютно твердого тела. Поступательное движение твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Вращение тела около неподвижной точки. Теорема Даламбера. Общий случай движения свободного твердого тела. Теорема Шаля.
3.	Относительное движение точки	Основные понятия. Сложение скоростей. Сложение ускорений.
4.	Сложное движение твердого тела	Постановка задачи. Сложение поступательных движений. Сложение вращений. Плоскопараллельное движение твердого тела. Кривошипно-шатунный механизм
5.	Основные опытные законы механики	Вектор силы. Тяжелая масса тел. Закон инерции. Инерциальные системы координат. Основной закон механики (второй закон Ньютона). Инертная масса. Принцип независимости действия сил. Закон равенства действия и противодействия (третий закон Ньютона).
6.	Движение материальной точки в инерциальной системе координат	Динамика точки и ее две основные задачи. Характеристика сил. Дифференциальные уравнения движения. Определение уравнения движения точки по заданной силе. Определение силы по заданному уравнению движения. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки в случае сил частного вида
7.	Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы	Уравнение движения материальной точки в неинерциальной системе координат. Координатные системы, связанные с Землей. Отклонение падающих тел от вертикали. Характерные особенности движения

		точки под действием центральной силы. Уравнения движения точки, находящейся под действием центральной силы. Закон всемирного тяготения. Задача двух тел. Движение электрона в поле ионизированного атома (центральная отталкивающая сила).
8.	Статика абсолютно твердого тела и механической системы	Задачи и основные понятия статики. Активные силы и силы реакции связей. Система сходящихся сил. Система параллельных сил. Центр тяжести и центр масс. Момент силы относительно точки и относительно оси. Свойства пары сил. Приведение произвольной системы сил. Равновесие произвольной системы сил, действующих на твердое тело. Равновесие системы материальных точек
9.	Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы	Уравнения движения системы материальных точек. Принцип Даламбера Основные уравнения движения системы. Теорема о количестве движения системы. Теорема импульсов. Теорема о количестве движения центра инерции системы и примеры ее применения Теорема о кинетическом моменте
10.	Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат	Теорема о количестве движения в неинерциальной системе координат. Теорема о кинетическом моменте в неинерциальной системе координат. Законы сохранения. Уравнения движения в расчетной системе координат
11.	Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии	Теорема о кинетической энергии и закон сохранения механической энергии точки. Теорема о кинетической энергии системы. Формула Кенига. Закон сохранения механической энергии системы.
12.	Геометрия масс	Кинетический момент твердого тела в частных случаях его движения. Вычисление моментов инерции относительно параллельных осей. Эллипсоид инерции
13.	Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки Общий случай движения тела	Кинематические уравнения Эйлера. Динамические уравнения Эйлера. Постановка задачи о движении твердого тела вокруг неподвижной точки. Регулярная прецессия гироскопа. Приближенная теория гироскопа. Общий случай движения твердого тела
14.	Задача о движении связанных механических систем	Постановка задачи о движении связанных механических систем. Реакции связей. Перемещения и число степеней свободы системы.
15.	Уравнения Лагранжа второго рода	Постановка задачи. Уравнения движения системы. Уравнения Лагранжа второго рода. Уравнения Лагранжа второго рода как уравнения движения точки в 3n-мерном пространстве. Уравнения Лагранжа второго рода для частных случаев сил, действующих на систему. Первые интегралы уравнений движения.
16.	Канонические уравнения Гамильтона	Канонические переменные. Канонические уравнения Гамильтона. Первые интегралы канонических уравнений. Скобки Пуассона. Метод Рауса.
17.	Общие принципы механики	Принцип Лагранжа-Даламбера и принцип виртуальных перемещений Лагранжа Вариационный интегральный принцип Гамильтона-Остроградского.
18.	Канонические преобразования	Понятие канонического преобразования. Критерии каноничности преобразования. Ковариантность уравнений Гамильтона при канонических преобразованиях. Канонические преобразования и процесс движения. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема. Свободное каноническое

		преобразование и его производящая функция. О других типах производя- производящих функций.
19.	Метод Якоби интегрирования уравнений движения	Уравнение Гамильтона-Якоби. Уравнение Гамильтона-Якоби для систем с циклическими координатами. Уравнение Гамильтона-Якоби для консервативных и обобщенно консервативных систем. Характеристическая функция Гамильтона. Разделение переменных. Теорема Лиувилля об интегрируемости гамильтоновой системы в квадратурах.
20.	Переменные действие-угол	Случай одной степени свободы. Переменные действие-Угол в задаче о движении маятника. О переменных действие-угол для системы с p степенями свободы. Переменные действие-угол в задаче двух тел. Элементы Делонэ.
21.	Основные понятия и законы механики сплошных сред	Физически бесконечно малая частица. Деформация малой частицы. Законы сохранения массы, изменения импульса и кинетического момента. Уравнение изменения кинетической энергии. Законы термодинамики.
22.	Идеальная жидкость	Уравнения движения идеальной жидкости. Основные теоремы динамики идеальной жидкости. Потoki импульса и энергии. Несжимаемая жидкость. Звуковые волны. Ударные волны. Магнитогидродинамика идеальной жидкости
23.	Вязкая жидкость	Тензор напряжений и уравнения движения. Уравнение Навье — Стокса. Малые колебания. Магнитогидродинамика вязкой жидкости

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.

Вопросы для обсуждения: Способы задания движения точки. Траектория, скорость, ускорение. Естественный и координатный способы. Понятие несвободной системы, кинематические связи. Скорости и ускорения точек системы при наличии связей.

Тема 2: Кинематика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: Векторный, координатный и естественный методы описания движения. Мгновенная скорость и ускорение. Касательное и нормальное ускорение. Равномерное, равноускоренное и криволинейное движения.

Тема 3: Относительное движение точки.

Вопросы для обсуждения: Подвижная и неподвижная системы отсчёта. Переносное, относительное и абсолютное движения.

Тема 4: Сложное движение твердого тела.

Вопросы для обсуждения: Поступательное и вращательное движение как простейшие виды движения твёрдого тела. Сложение поступательных движений. Сложение вращений вокруг параллельных и пересекающихся осей.

Тема 5: Основные опытные законы механики.

Вопросы для обсуждения: Законы Галилея–Ньютона. Принцип инерции. Инерциальные

системы отсчёта. Закон пропорциональности силы и ускорения. Закон равенства действия и противодействия.

Тема 6: Движение материальной точки в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные уравнения движения. Прямая и обратная задачи динамики. Силы, зависящие от времени, положения и скорости. Примеры интегрирования уравнений движения.

Тема 7: Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы

Вопросы для обсуждения: Уравнение относительного движения. Центральная сила и её свойства. Законы площадей. Задача Кеплера. Движение в центральном поле.

Тема 8: Статика абсолютно твердого тела и механической системы.

Вопросы для обсуждения: Условия равновесия твёрдого тела. Система сходящихся сил.

Пара сил и момент силы. Приведение системы сил к заданному центру. Уравнения равновесия в векторной и координатной формах. Равновесие системы тел.

Тема 9: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы.

Вопросы для обсуждения: Центр масс системы. Теорема о движении центра масс. Закон сохранения импульса. Теорема об изменении момента импульса. Закон сохранения момента импульса.

Тема 10: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные уравнения движения системы материальных точек. Внутренние и внешние силы. Теорема о количестве движения. Теорема о движении центра масс.

Тема 11: Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии.

Вопросы для обсуждения: Кинетическая энергия материальной точки и системы. Работа силы. Теорема об изменении кинетической энергии. Потенциальные силы. Закон сохранения полной механической энергии.

Тема 12: Геометрия масс.

Вопросы для обсуждения: Моменты инерции твёрдого тела относительно оси и точки. Центробежные моменты инерции. Тензор инерции.

Тема 13: Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки Общий случай движения тела.

Вопросы для обсуждения: Уравнения Эйлера для вращения твёрдого тела вокруг неподвижной точки. Прецессия и нутация. Кинетическая энергия при вращении. Описание свободного движения твёрдого тела.

Тема 14: Задача о движении связанных механических систем.

Вопросы для обсуждения: Идеальные связи. Принцип освобожденности от связей. Уравнения движения систем с геометрическими и кинематическими связями. Реакции связей.

Тема 15: Уравнения Лагранжа второго рода.

Вопросы для обсуждения: Обобщённые координаты и число степеней свободы. Кинетическая и потенциальная энергия в обобщённых координатах. Функция Лагранжа.

Тема 16: Канонические уравнения Гамильтона.

Вопросы для обсуждения: Обобщённые импульсы. Преобразование Лежандра. Канонические уравнения движения. Циклические интегралы. Свойства гамильтониана.

Тема 17: Общие принципы механики.

Вопросы для обсуждения: Принцип виртуальных перемещений. Вариационный принцип Гамильтона–Остроградского.

Тема 18: Канонические преобразования.

Вопросы для обсуждения: Преобразования фазовых переменных, сохраняющие каноническую форму уравнений. Производящие функции. Инвариантность скобок Пуассона.

Тема 19: Метод Якоби интегрирования уравнений движения.

Вопросы для обсуждения: Уравнение Гамильтона–Якоби. Полный интеграл. Разделение переменных. Теорема Якоби. Связь метода Якоби с волновой оптикой.

Тема 20: Переменные действие-угол.

Вопросы для обсуждения: Переменные действие и угол для одномерного периодического движения. Применение к задаче Кеплера.

Тема 21: Основные понятия и законы механики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Модель сплошной среды. Тензор деформаций. Тензор напряжений. Уравнение неразрывности. Закон сохранения массы.

Тема 22: Идеальная жидкость.

Вопросы для обсуждения: Определение идеальной жидкости. Уравнения Эйлера для движения идеальной жидкости.

Тема 23: Вязкая жидкость.

Вопросы для обсуждения: Вязкость и её механизм. Тензор вязких напряжений. Уравнения Навье–Стокса. Граничные условия прилипания.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.

Вопросы для обсуждения: Определение траектории, скорости и ускорения точки при различных способах задания движения. Составление уравнений связей. Расчёт скоростей точек системы с помощью кинематических соотношений.

Тема 2: Кинематика материальной точки.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на вычисление скорости и ускорения по заданному уравнению движения. Определение радиуса кривизны траектории. Переход от координатного способа к естественному.

Тема 3: Относительное движение точки.

Вопросы для обсуждения: Расчёт переносной, относительной и абсолютной скоростей. Решение задач на движение точки по движущейся поверхности.

Тема 4: Сложное движение твердого тела.

Вопросы для обсуждения: Задачи на сложение поступательных и вращательных движений. Определение угловой скорости и углового ускорения при наличии нескольких вращений. Построение мгновенной оси вращения.

Тема 5: Основные опытные законы механики.

Вопросы для обсуждения: Анализ инерциальных систем отсчёта. Выбор системы отсчёта при решении задач. Определение сил по известному движению и движения по известным силам.

Тема 6: Движение материальной точки в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Решение прямой и обратной задач динамики. Интегрирование дифференциальных уравнений движения при постоянной силе, силе упругости, силе сопротивления среды.

Тема 7: Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы

Вопросы для обсуждения: Расчёт сил инерции в неинерциальных системах. Применение законов площадей. Расчёт периода обращения.

Тема 8: Статика абсолютно твердого тела и механической системы.

Вопросы для обсуждения: Составление уравнений равновесия для плоской и пространственной систем сил. Определение реакций опор и усилий в стержнях. Равновесие составных конструкций.

Тема 9: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы.

Вопросы для обсуждения: Нахождение центра масс системы. Применение законов сохранения импульса и момента импульса к задачам о движении системы тел. Расчёт скорости центра масс.

Тема 10: Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат.

Вопросы для обсуждения: Составление дифференциальных уравнений движения системы материальных точек. Определение внутренних и внешних сил. Решение задач о движении системы с помощью теоремы о центре масс.

Тема 11: Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии.

Вопросы для обсуждения: Вычисление работы сил. Применение теоремы об изменении кинетической энергии к поступательному и вращательному движению. Задачи на сохранение механической энергии.

Тема 12: Геометрия масс.

Вопросы для обсуждения: Вычисление моментов инерции простых тел относительно оси.

Применение теоремы Штейнера. Определение центробежных моментов инерции.

Тема 13: Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки. Общий случай движения тела.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на составление уравнений Эйлера для вращающихся тел. Расчёт гироскопических моментов. Анализ прецессии и нутации волчка.

Тема 14: Задача о движении связанных механических систем.

Вопросы для обсуждения: Составление уравнений движения систем с идеальными связями. Задачи на движение тел по наклонной плоскости, на блочных системах.

Тема 15: Уравнения Лагранжа второго рода.

Вопросы для обсуждения: Выбор обобщённых координат. Вычисление кинетической и потенциальной энергии в обобщённых координатах.

Тема 16: Канонические уравнения Гамильтона.

Вопросы для обсуждения: Вычисление обобщённых импульсов. Запись канонических уравнений. Нахождение первых интегралов.

Тема 17: Общие принципы механики.

Вопросы для обсуждения: Применение принципа возможных перемещений к расчёту статически неопределимых систем. Общее уравнение динамики для составных систем.

Тема 18: Канонические преобразования.

Вопросы для обсуждения: Нахождение производящей функции. Преобразование гамильтониана к более простому виду.

Тема 19: Метод Якоби интегрирования уравнений движения.

Вопросы для обсуждения: Построение уравнения Гамильтона–Якоби для простейших систем. Разделение переменных. Получение полного интеграла.

Тема 20: Переменные действие-угол.

Вопросы для обсуждения: Вычисление переменной действие для одномерных периодических систем. Нахождение частоты колебаний как производной энергии по действию.

Тема 21: Основные понятия и законы механики сплошных сред.

Вопросы для обсуждения: Вычисление компонент тензора деформаций. Запись закона сохранения массы в интегральной и дифференциальной формах.

Тема 22: Идеальная жидкость.

Вопросы для обсуждения: Применение уравнений Эйлера для расчёта течений в каналах и трубах. Расчёт силы давления на обтекаемое тело.

Тема 23: Вязкая жидкость.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на ламинарное течение вязкой жидкости между параллельными пластинами и в круглой трубе. Расчёт расхода жидкости и перепада давления.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Кинематика точки и несвободной системы

материальных точек. Кинематика материальной точки. Относительное движение точки. Сложное движение твёрдого тела. Основные опытные законы механики. Относительное движение точки. Движение точки под действием центральной силы. Статика абсолютно твёрдого тела и механической системы. Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы. Теорема о кинетической энергии. Закон сохранения механической энергии. Геометрия масс. Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки. Общий случай движения тела. Задача о движении связанных механических систем. Уравнения Лагранжа второго рода. Метод Якоби интегрирования уравнений движения. Переменные действие-угол. Основные понятия и законы механики сплошных сред. Идеальная жидкость. Вязкая жидкость.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Кинематические расчёты для точки и несвободной системы. Определение скорости и ускорения при различных способах задания движения. Задачи на относительное движение и сложение движений. Расчёт траектории, скорости и ускорения при движении под действием центральной силы. Уравнения равновесия твёрдого тела и механической системы. Применение теоремы о движении центра масс и закона сохранения импульса. Задачи на динамику вращательного движения твёрдого тела. Составление уравнений Лагранжа второго рода для систем с одной и несколькими степенями свободы. Переход к каноническим уравнениям Гамильтона. Использование общих принципов механики. Решение задач на течение идеальной жидкости и вязкой жидкости.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Кинематика точки и твёрдого тела. Динамика материальной точки и механической системы. Статика. Геометрия масс. Уравнения Лагранжа второго рода и их применение. Канонические уравнения Гамильтона и первые интегралы. Вариационные принципы механики. Элементы механики сплошных сред.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических

данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Кинематика точки/ Кинематика несвободной системы материальных точек.	ОПК-1	Опрос
Кинематика твердого тела или неизменяемой среды	ОПК-1	Опрос
Относительное движение точки	ОПК-1	Опрос
Сложное движение твердого тела	ОПК-1	Опрос
Основные опытные законы механики	ОПК-1	Опрос
Движение материальной точки в инерциальной системе координат	ОПК-1	Опрос
Относительное движение точки Движение точки под действием центральной силы	ОПК-1	Контрольная работа
Статика абсолютно твердого тела и механической системы	ОПК-1	Опрос
Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат и их первые интегралы	ОПК-1	Опрос
Уравнения движения механической системы в инерциальной системе координат	ОПК-1	Опрос
Теорема о кинетической энергии Закон сохранения механической энергии	ОПК-1	Контрольная работа
Геометрия масс	ОПК-1	Опрос
Динамика тела, вращающегося около неподвижной точки Общий случай движения тела	ОПК-1	Опрос
Задача о движении связанных	ОПК-1	Контрольная работа

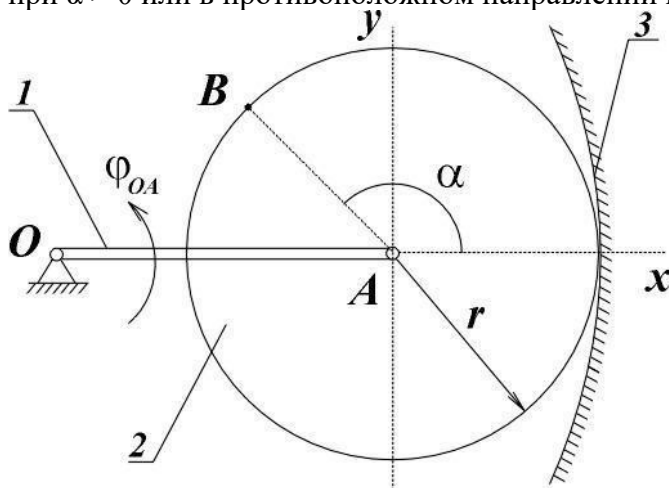
механических систем		
Уравнения Лагранжа второго рода	ОПК-1	Опрос
Канонические уравнения Гамильтона	ОПК-1	Опрос
Общие принципы механики	ОПК-1	Опрос
Канонические преобразования	ОПК-1	Опрос
Метод Якоби интегрирования уравнений движения	ОПК-1	Контрольная работа
Переменные действие-угол	ОПК-1	Опрос
Основные понятия и законы механики сплошных сред	ОПК-1	Опрос
Идеальная жидкость	ОПК-1	Опрос
Вязкая жидкость	ОПК-1	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

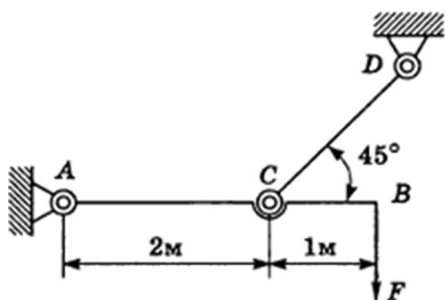
Типовые задания контрольных работ:

Вариант 1

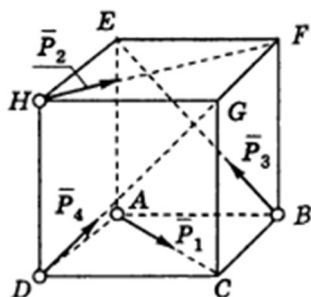
1. В планетарном механизме кривошип 1 длиной $OA = 0.8$ (м) вращается вокруг неподвижной оси O , перпендикулярной плоскости рисунка, по закону $\varphi(t) = 6t - 2t^2$ (рад). В точке A кривошип шарнирно соединен с центром диска 2 радиуса $r = 0.5$ (м), находящегося во внутреннем зацеплении с неподвижным колесом 3, соосным с кривошипом OA . На диске 2 в момент времени $t_1 = 1$ (с) задана точка B , положение которой определяется расстоянием $AB = 0.5$ (м) и углом $\alpha = 135^\circ$. (В заданный момент времени угол α отсчитывается от оси Ax в направлении против хода часовой стрелки при $\alpha > 0$ или в противоположном направлении при $\alpha < 0$).



2. Горизонтальный невесомый стержень AB находится в равновесии под действием трех сил, одна из которых вертикальная $F = 5$ кН, другая - реакция опорного стержня CD , а третья - реакция неподвижного шарнира A . Найти неизвестные реакции опор.



3. К четырем вершинам A, H, B и D куба приложены четыре равные по модулю силы: $P_1=P_2=P_3=P_4=P$, причем сила P_1 направлена по AC, P_2 - по HF, P_3 - по BE и P_4 - по DG. Привести эту систему к простейшему виду.



Примеры вопросов для устного опроса:

1. Что называют кинематическим винтом?

Сочетание величин v и $|\Omega|$ при мгновенном винтовом движении одновременное вращение тела вокруг оси и поступательное перемещение его вдоль этой оси.

2. Что называют парой вращений?

Сочетание двух вращений вокруг параллельных осей с одинаковыми по величине, но противоположными по знаку угловыми скоростями.

3. Что называют алгебраической скоростью точки? $v=ds/dt$

4. Как движется твердое тело, если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

5. В каких случаях кориолисово ускорение равно нулю?

Относительная скорость равна нулю или подвижная система перемещается поступательно или переносное движение представляет собой вращение вокруг оси параллельной вектору относительной скорости.

6. Какое движение может совершать тело если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

то тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

7. Если скорость некоторой точки тела в данный момент времени равна нулю

то тело находится либо в мгновенном покое, либо в мгновенном вращении вокруг оси, проходящей через эту точку.

8. В каком случае на практике можно утверждать, что тело в данный момент движется поступательно?

Если векторы скоростей трех точек, не лежащих на одной прямой равны

Примеры вопросов для устного опроса:

9. Что называют кинематическим винтом?

Сочетание величин v и $|\Omega|$ при мгновенном винтовом движении одновременное вращение тела вокруг оси и поступательное перемещение его вдоль этой оси.

10. Что называют парой вращений?

Сочетание двух вращений вокруг параллельных осей с одинаковыми по величине, но противоположными по знаку угловыми скоростями.

11. Что называют алгебраической скоростью точки? $v=ds/dt$

12. Как движется твердое тело, если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

13. В каких случаях кориолисово ускорение равно нулю?

Относительная скорость равна нулю или подвижная система перемещается поступательно или переносное движение представляет собой вращение вокруг оси параллельной вектору относительной скорости.

14. Какое движение может совершать тело если в данный момент времени скорости двух точек тела равны нулю?

то тело либо находится в мгновенном покое, либо совершает мгновенное вращение вокруг прямой, проходящей через эти точки.

15. Если скорость некоторой точки тела в данный момент времени равна нулю

то тело находится либо в мгновенном покое, либо в мгновенном вращении вокруг оси, проходящей через эту точку.

16. В каком случае на практике можно утверждать, что тело в данный момент движется поступательно?

Если векторы скоростей трех точек, не лежащих на одной прямой равны

8.2. Примерный перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Способы задания движения точки. Скорость и ускорение точки при векторном и координатном способах задания движения.
2. Скорость и ускорение в криволинейных координатах.
3. Ускорение при естественном способе задания движения.
4. Теорема о кинетическом моменте.
5. Степени свободы и обобщенные координаты абсолютно твёрдого тела. Углы Эйлера.
6. Вращение твёрдого тела с одной неподвижной точкой. Теорема Даламбера. Мгновенная угловая скорость. Кинематические уравнения Эйлера.
7. Кинематика общего случая движения твёрдого тела. Теорема Шаля. Сложение вращений твёрдого тела.
8. Плоскопараллельное движение твёрдого тела.
9. Сложное движение точки. Теорема сложения скоростей.
10. Теорема сложения ускорений.

11. Понятие о силе, массе, инерциальной системе отсчёта. Законы Ньютона.
12. Дифференциальные уравнения движения точки. Задачи динамики точки. Начальные условия.
13. Теорема о движении центра масс.
13. Теорема об импульсе системы. Уравнение Мещерского.
14. Потенциальные силы и потенциальное силовое поле. Свойство потенциального поля. Первые интегралы движения.
15. Теорема о полной механической энергии. Формула Кёнига.
16. Движение материальной точки в центральном силовом поле. Шесть интегралов движения. Формула Бинэ.
17. Движение точки под действием силы $F = a/r$. Законы Кеплера как следствие закона всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения как следствие законов Кеплера.
18. Задача двух тел.
19. Уравнения движения точки относительно неинерциальных систем отсчёта. Проявление неинерциальности Земли.
20. Постановка задачи и движения несвободных систем. Действительные, возможные и виртуальные перемещения. Идеальные связи. Уравнения Лагранжа первого рода.
21. Уравнения Лагранжа второго рода.
22. Обобщенная силовая функция. Диссипативная функция Рэлея. Первые интегралы движения. Циклические координаты. Обобщение понятия полной механической энергии системы.
23. Вариационный принцип Гамильтона-Остроградского. Изохронная вариация.
24. Вывод уравнений Лагранжа из принципа Гамильтона-Остроградского.
25. Принцип Лагранжа-Даламбера. Принцип виртуальных перемещений Лагранжа. Условия равновесия системы. Применение условия равновесия системы к твердому телу.
26. Преобразование Лежандра. Вывод канонических уравнений Гамильтона, их достоинства.
27. Метод Пуассона. Теорема Пуассона. Скобки Пуассона и их свойства.
28. Метод Рауса.
29. Метод канонических преобразований. Свободные канонические преобразования. Производящая функция.
30. Метод Гамильтона-Якоби. Уравнение Гамильтона-Якоби. Метод разделения переменных.
31. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объёма.
32. Применение канонических преобразований в теории возмущений.
33. Теорема Лагранжа об устойчивости положения равновесия.
34. Дифференциальные уравнения движения твёрдого тела.
35. Моменты инерции твёрдого тела. Тензор инерции. Эллипсоид инерции.
36. Динамические уравнения Эйлера.
37. Случай Лагранжа. Качественный анализ решения.
38. Симметричный случай Эйлера.
39. Элементарная теория гироскопа. Применение гироскопов.
40. Классификация связей. Ограничения на скорость и ускорение, накладываемые геометрическими связями. Теорема Грасгофа.
41. Основные задачи статики. Приведение сил. Пара сил.
42. Центр масс тела. Момент силы. Момент пары сил. Сложение пар сил.
43. Условия равновесия твёрдого тела. Теорема о трёх моментах. Равновесие системы материальных точек.
44. Уравнение движения системы в неинерциальной системе отсчёта. Уравнения движения твёрдого тела в системе, жестко связанной с телом.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворяет	Репродуктивная	Изложение в пределах задач курса	удовлетворительно		55-70

ельны й (достат очный)	деятельность	теоретически и практически контролируемого материала	о		
Недост аточн ый	Отсутствие	признаков удовлетворительного уровня	неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Теоретическая механика: практикум / Т. А. Валькова, А. Е. Митяев, С. Г. Докшанин [и др.]. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2020. — 374 с. — ISBN 978-5-7638-4155-8. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1830740>
2. Цывильский, В. Л. Теоретическая механика: учебник / В. Л. Цывильский. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2023. — 368 с. — ISBN 978-5-906923-71-4. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1941737>

Дополнительная литература

1. Вильке, В. Г. Теоретическая механика: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Математика», «Механика», «Прикладная математика и информатика» / В. Г. Вильке. — Москва: Издательство МГУ, 1998. — 271 с. — ISBN 5-211-03785-5.
2. Бать, М. И. Теоретическая механика в примерах и задачах: учебное пособие для вузов: в 3 т. Т. 3. Специальные главы механики / М. И. Бать, А. С. Кельзон, Г. Ю. Джанелидзе ; под ред. Г. Ю. Джанелидзе. — Москва: Наука, 1973. — 487 с.
3. Кильчевский, Н. А. Курс теоретической механики: для университетов: в 2 т. Т. 1. Кинематика, статика, динамика точки: учебник / Н. А. Кильчевский. — Москва: Наука, 1977. — 479 с.: ил.
4. Кильчевский, Н. А. Курс теоретической механики: для университетов: в 2 т. Т. 2. Динамика системы. Аналитическая механика. Элементы теории потенциала, механики сплошной среды, специальной и общей теории относительности / Н. А. Кильчевский. — Москва: Наука, 1977. — 543 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

1. Наименование дисциплины: «Физика конденсированного состояния».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о фундаментальных понятиях, законах и принципах физики конденсированного состояния, методов исследования механических, тепловых, электрических и магнитных свойств вещества в твёрдом и жидком состояниях, а также освоение приёмов теоретического анализа (включая метод размерностей, аналогий и векторных диаграмм) для решения прикладных задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1. Способен использовать знания в области физики и математики для решения фундаментальных и прикладных задач профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Демонстрирует знания законов физики и математического аппарата. ОПК-1.2. Решает физические задачи, используя математический аппарат. ОПК-1.3. Решает задачи профессиональной деятельности через решение фундаментальных и прикладных физических задач.	Знать: знать основные понятия, законы и принципы физики конденсированных состояний, методы исследования свойств вещества в конденсированном состоянии, а также фундаментальные физические теории и законы, описывающие поведение вещества в твёрдом и жидком состояниях; Уметь: решать задачи по физике конденсированных состояний, включая задачи на механические, тепловые, электрические и магнитные свойства твёрдых веществ и материалов; Владеть: методами теоретического анализа физических явлений, происходящих в веществе в конденсированном состоянии.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» представляет собой дисциплину обязательной части блока дисциплин подготовки студентов.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной

информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Кристаллография	Изучение структуры кристаллов и их свойств. Включает в себя описание кристаллических решёток, симметрию кристаллов, методы исследования кристаллической структуры.
2.	Основы зонной теории	Формирование кристаллической структуры из изолированных атомов. Свойства полос разрешенных энергий. Теорема Блоха. Понятие квазиимпульса. Зона Бриллюэна. Метод почти свободных электронов. Формирование зонного спектра. Эффективная масса. Энергия Ферми и поверхность Ферми. Метод сильной связи. Типы химических связей.
3.	Движение электрона во внешних полях	Движение электрона во внешнем магнитном поле. Квантование спектра. Плотность состояний. Уровни Ландау. Квантовые осцилляционные эффекты. Движение электрона во внешнем электрическом поле.
4.	Динамика кристаллической решетки	Колебания атомов в кристаллической решетке. Одномерная цепочка атомов. Акустические и оптические фононы. Теплоемкость решетки. Модель Эйнштейна и модель Дебая. Электронная теплоемкость. Взаимодействие фононов. Тепловое расширение решетки.
5.	Физика полупроводников	Статистика носителей заряда в полупроводниках. Электроны и дырки. Полупроводники с прямой и непрямой щелью. Оптическая и термическая активация. Легирование полупроводников. Доноры и акцепторы. Энергия примесных состояний. Полупроводниковые сверхрешетки. Квантование спектра. Квантовый эффект Холла.
6.	Механика твёрдого тела	Исследование поведения твёрдых тел под воздействием внешних сил. Рассматриваются деформации, напряжения, упругость, пластичность, прочность и разрушение твёрдых материалов.
7.	Физика сверхпроводимости	Основная феноменология. Эффект Мейсснера. Сверхпроводники I и II рода. Вихри Абрикосова. Туннельные эффекты в сверхпроводниках. Эффект Джозефсона. Высокотемпературные сверхпроводники. Уравнение Лондонов. Основные идеи теории Бардина — Купера — Шриффера. Электронные пары. Теория Гинзбурга

		— Ландау.
8.	Физика полимеров	Основные подходы физики полимеров. Классификация полимеров. Идеальный полимерный клубок. Размер клубка. Высокоэластичность. Объемные взаимодействия в полимерах. Переход клубок — глобула. Вязкоупругость полимеров.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Кристаллография.

Вопросы для обсуждения: Типы кристаллических решёток и сингонии. Трансляционная симметрия, элементарная ячейка, базис. Дефекты кристаллической структуры. Методы экспериментального определения структуры кристаллов (рентгеноструктурный анализ).

Тема 2: Основы зонной теории.

Вопросы для обсуждения: Приближение адиабатическое и одноэлектронное. Теорема Блоха и блоховские функции. Образование энергетических зон в кристалле. Различие металлов, полупроводников и диэлектриков с позиций зонной теории. Эффективная масса электрона и дырки.

Тема 3: Движение электрона во внешних полях.

Вопросы для обсуждения: Уравнение движения электрона в кристалле под действием электрического и магнитного полей. Понятие квазиимпульса. Скорость блоховского электрона. Электропроводность металлов и полупроводников.

Тема 4: Динамика кристаллической решетки

Вопросы для обсуждения: Колебания атомов в одноатомной и двухатомной цепочках. Акустические и оптические фононы. Закон дисперсии фононов. Фононный спектр и плотность фононных состояний.

Тема 5: Физика полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Собственные и примесные полупроводники. Донорные и акцепторные уровни. Температурная зависимость концентрации носителей заряда. Уровень Ферми.

Тема 6: Механика твёрдого тела.

Вопросы для обсуждения: Упругие свойства кристаллов. Тензор напряжений и тензор деформаций. Закон Гука для анизотропной среды. Пластическая деформация. Дислокации и их роль в пластичности. Прочность и разрушение твёрдых тел.

Тема 7: Физика сверхпроводимости

Вопросы для обсуждения: Феноменологические свойства сверхпроводников. Сверхпроводники первого и второго рода. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Тема 8: Физика полимеров.

Вопросы для обсуждения: Строение и классификация полимеров. Аморфное и кристаллическое состояние полимеров. Температура стеклования и плавления.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Кристаллография.

Вопросы для обсуждения: Определение параметров элементарной ячейки по

рентгенограммам. Расчёт межплоскостных расстояний. Индексирование плоскостей и направлений. Оценка плотности упаковки атомов.

Тема 2: Основы зонной теории.

Вопросы для обсуждения: Расчёт эффективной массы по закону дисперсии. Построение зонной структуры для простых моделей. Определение ширины запрещённой зоны по экспериментальным данным.

Тема 3: Движение электрона во внешних полях.

Вопросы для обсуждения: Расчёт дрейфовой скорости и подвижности. Применение уравнения движения электрона в электрическом поле.

Тема 4: Динамика кристаллической решетки

Вопросы для обсуждения: Расчёт частот колебаний одноатомной и двухатомной цепочек. Определение скорости звука в кристалле. Вычисление энергии фононов.

Тема 5: Физика полупроводников.

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентрации электронов и дырок в собственном полупроводнике. Определение положения уровня Ферми в примесном полупроводнике. Температурная зависимость электропроводности.

Тема 6: Механика твёрдого тела.

Вопросы для обсуждения: Вычисление упругих постоянных по закону Гука. Расчёт напряжений и деформаций в стержнях и балках. Определение критического напряжения для дислокаций. Задачи на прочность и разрушение материалов.

Тема 7: Физика сверхпроводимости

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического тока и критического магнитного поля. Определение энергетической щели сверхпроводника по экспериментальным данным.

Тема 8: Физика полимеров.

Вопросы для обсуждения: Расчёт степени полимеризации и молекулярной массы. Определение температуры стеклования по термомеханической кривой.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Типы кристаллических решёток, элементы симметрии и дефекты. Уравнение движения электрона в кристалле, квазиимпульс, электропроводность и эффект Холла. Колебания атомов в решётке, акустические и оптические фононы, теплоёмкость кристаллов. Собственные и примесные полупроводники, уровень Ферми, кинетические явления. Тензоры напряжений и деформаций, закон Гука для анизотропных тел, дислокации. Строение и классификация полимеров, высокоэластичность и вязкоупругость.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров элементарной ячейки и плотности упаковки. Вычисление эффективной массы по закону дисперсии и ширины запрещённой зоны. Расчёт упругих постоянных, напряжений и деформаций. Определение критических параметров сверхпроводников и энергетической щели. Расчёт молекулярной массы полимера и температуры стеклования.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Симметрия и типы кристаллических решёток, индексы Миллера. Зонная структура металлов, полупроводников и диэлектриков. Статистика носителей в полупроводниках, температурная зависимость проводимости. Упругость, пластичность и дислокационная теория прочности. Основы теории сверхпроводимости. Физические свойства полимеров.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Кристаллография	ОПК-1	Опрос
Основы зонной теории	ОПК-1	Опрос
Движение электрона во внешних полях	ОПК-1	Опрос
Динамика кристаллической решетки	ОПК-1	Опрос
Физика полупроводников	ОПК-1	Опрос
Механика твёрдого тела	ОПК-1	Опрос

Физика сверхпроводимости	ОПК-1	Опрос
Физика полимеров	ОПК-1	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые вопросы для опроса:

1. Что такое кристаллы и как они образуются?
2. Какие основные свойства кристаллов вы знаете?
3. Что такое симметрия кристаллов и какие виды симметрии существуют?
4. Как определить точечную группу симметрии кристалла?
5. Что такое элементарная ячейка кристалла и какие типы элементарных ячеек существуют?
6. Какие методы используются для изучения структуры кристаллов?
7. Что такое дефекты кристаллов и какие типы дефектов существуют?
8. Как влияют дефекты на свойства кристаллов?
9. Что такое дислокации и как они влияют на свойства кристаллов?
10. Какие области применения кристаллов существуют в настоящее время?
11. Что такое зонная теория твёрдых тел и как она объясняет их электрические свойства?
12. Что такое зона проводимости и валентная зона и как они связаны с проводимостью и запрещённой зоной?
13. Как влияет ширина запрещённой зоны на электрические свойства полупроводников?
14. Что такое примесные уровни и как они влияют на проводимость полупроводников?
15. Как можно использовать зонную теорию для объяснения работы полупроводниковых приборов?
16. Что такое квантовый эффект Холла и как он связан с зонной теорией?
17. Как происходит переход электронов из валентной зоны в зону проводимости при поглощении света?
18. Что такое фотопроводимость и как она связана с зонной теорией?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Как движется электрон в однородном электрическом поле?
2. Как зависит скорость электрона от его энергии в электрическом поле?
3. Как изменяется траектория движения электрона в магнитном поле?
4. Что такое циклотронный резонанс и как его можно наблюдать?
5. Как рассчитать энергию электрона в периодическом потенциале?
6. Что такое эффект Зеебека и как он связан с движением электронов?
7. Как влияет температура на движение электронов в полупроводниках?
8. Что такое фононы и как они описывают колебания атомов в кристаллической решётке?
9. Какие типы колебаний возможны в кристаллической решётке и как они зависят от её симметрии?
10. Как связаны частота и энергия?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательн	Основные признаки	Пятибалл	Двухб	БРС, %

	ое описание уровня	выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	ьная шкала (академи ческая) оценка	алльн ая шкал а, зачет	освоени я (рейтин говая оценка)
Повыш енный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтен о	86-100
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого	удовлетв орительн о		55-70

очный)		материала			
Недостаточный	Отсутствие	признаков	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов: в 10 т. Т. 9. Статистическая физика. Теория конденсированного состояния. Ч. 2 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского. – 5-е изд., испр. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2018. – 440 с. – ISBN 978-5-9221-1580-3. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223535>
2. Физика конденсированного состояния. Прочность и разрушение материалов: учебник / А. Н. Чуканов, Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев [и др.]; под ред. А. Н. Чуканова. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 260 с. – ISBN 978-5-9729-0771-7. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1833138>

Дополнительная литература

1. Кузнецов, С. И. Курс физики с примерами решения задач. «Физика конденсированного состояния»: учебное пособие / С. И. Кузнецов, Н. А. Тимченко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 47 с. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/417650>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Электроника и микроэлектроника»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика высоких технологий

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград

2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Технологии производства электронных устройств»
 - 4.2. Программа дисциплины «Системы автоматизированного проектирования печатных плат»
 - 4.3. Программа дисциплины «Микропроцессорные технологии и интегральные схемы»
 - 4.4. Программа дисциплины «Языки проектирования процессоров и FPGA»
 - 4.5. Программа дисциплины «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств»
 - 4.6. Программа дисциплины «Стандартизация и технические измерения в электронике»
 - 4.7. Программа дисциплины «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Электроника и микроэлектроника»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение методов чтения и анализа конструкторской документации и 3D-моделей электронных устройств с учётом требований технологичности.
2. Изучение технологий производства электронных устройств и систем автоматизированного проектирования печатных плат для разработки конструкторской и технологической документации.
3. Формирование знаний о микропроцессорных технологиях, интегральных схемах, языках проектирования процессоров и программируемых логических интегральных схемах (FPGA).
4. Приобретение навыков разработки технологической документации на основе конструкторской документации и 3D-моделей образцов изделий.
5. Изучение методов и средств контроля и измерения параметров материалов, компонентов и готовых электронных устройств с использованием специального оборудования.
6. Освоение методик проведения испытаний (в том числе для подтверждения свойств материалов) и анализа их результатов.
7. Формирование умений составлять программы испытаний разрабатываемых изделий и разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию на испытательную оснастку.
8. Изучение стандартизации и технических измерений в электронике, а также требований промышленной безопасности и охраны труда при производстве электронных средств.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает	Знать: фундаментальные физические основы электроники и микроэлектроники, принципы проектирования, производства и контроля качества электронных устройств, методы их моделирования и стандартизации, а

фундаментальных знаний.	физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	также требования промышленной безопасности и охраны труда, достаточные для постановки и решения задач разработки технологий. Уметь: формулировать проблемы, ставить и решать задачи разработки технологий в области электроники и микроэлектроники на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики технологических процессов и изделий с учётом требований конкретных приложений и технологий. Владеть: навыками разработки технологических процессов производства электронных устройств, методами проектирования и контроля качества, способами использования современных технологий и инструментов проектирования, приёмами испытаний и технических измерений, а также навыками обеспечения безопасности на производстве.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: современные методы и средства проектирования, производства и контроля качества электронных устройств, принципы работы микропроцессорных технологий и интегральных схем, основы систем автоматизированного проектирования, стандартизации и технических измерений, а также требования промышленной безопасности, достаточные для разработки методов и средств решения наукоемких задач. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области электроники и микроэлектроники, разрабатывать технологические требования к используемым средствам и методам в конкретных приложениях, обосновывать выбор

		технологий и компонентов для достижения заданных характеристик устройств. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов и средств в области электроники, способами разработки технологических требований к средствам и методам производства, контроля и испытаний, приемами интеграции современных электронных решений в конкретные приложения, а также навыками обоснования выбора технологий с учетом требований наукоемких задач.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: основные принципы и методы проектирования, производства и контроля качества электронных устройств, а также требования промышленной безопасности, достаточные для формулировки задач разработки с учетом социально-экономического и междисциплинарного подходов. Уметь: формулировать задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение проблемы с использованием социально-экономического подхода и учетом междисциплинарных аспектов, использовать теоретические и практические методы для достижения поставленных задач, обосновывать решения с учетом экономической эффективности, социальной значимости и требований безопасности. Владеть: навыками формулировки задач разработки электронных систем с учетом междисциплинарных и социально-экономических аспектов, методами проектирования с использованием комплексного подхода, способами интеграции технических решений с учетом их экономической эффективности и социальной значимости, приемами использования теоретических и

		практических подходов для достижения целей разработки, а также навыками обеспечения промышленной безопасности и охраны труда.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технологии производства электронных устройств».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о современных технологических процессах изготовления электронных устройств, включая производство печатных плат, поверхностный монтаж, автоматизированный контроль качества, стандартизацию и обеспечение надежности, а также освоение практических навыков проектирования технологичных конструкций и использования цифровых инструментов для решения профессиональных задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: фундаментальные физические основы производства электронных устройств, включая конструкцию изделий, методы сборки, контроля качества и обеспечения надёжности, стандарты электронной промышленности, а также перспективные технологии, достаточные для постановки и решения задач разработки технологий. Уметь: формулировать проблемы, ставить и решать задачи разработки технологий производства электронных устройств на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики технологических процессов с учётом требований конкретных приложений и технологий, обосновывать выбор методов производства и контроля. Владеть: навыками разработки технологических процессов производства электронных устройств, методами контроля качества и оценки надёжности, приёмами использования систем автоматизированного

		проектирования и цифрового производства, а также навыками применения стандартов электронной промышленности и обеспечения качества на всех этапах производства.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач.	Знать: современные технологии производства электронных устройств, включая процессы изготовления печатных плат, SMT-сборки, методы контроля качества и обеспечения надёжности, стандарты электронной промышленности, а также перспективные технологические решения, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области производства электронных устройств на основе современных технологических подходов, обосновывать выбор технологий для конкретных приложений, оценивать возможность интеграции новых методов в существующие производственные процессы. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов производства электронных устройств, способами оценки технологической реализуемости и эффективности предлагаемых решений, приемами использования CAD/CAM-систем для разработки технологических процессов, а также навыками применения стандартов и методов контроля качества при проектировании новых технологий.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологии производства электронных устройств» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы

студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Современное электронное производство	Структура электронной промышленности, контрактное производство электроники, PCB-производство, EMS-компании, цифровизация производственных цепочек.
2.	Конструкция электронного устройства как объект производства	Технологичность конструкции, DFM, DFA, DFT, ограничения массового производства, требования к проектированию электронных устройств.
3.	Технологии производства печатных плат	Многослойные платы, HDI-платы, металлизация отверстий, производственные допуски, особенности подготовки PCB к производству.
4.	SMT-производство	Архитектура SMT-линии, трафаретная печать, pick-and-place системы, печи оплавления, профили пайки.
5.	Технологические дефекты SMT-сборки	Классификация дефектов пайки и монтажа, tombstone, void-дефекты, смещение компонентов, методы предотвращения дефектов.
6.	Стандарты электронной промышленности	IPC-A-610, IPC J-STD-001, IPC-2221, классы электронных изделий, требования к качеству электронных сборок.
7.	Автоматизированный контроль качества	AOI, AXI, SPI-контроль, электрическое тестирование, Boundary Scan, методы диагностики электронных устройств.
8.	Надёжность электронных устройств	Тепловые режимы, электромиграция, термоциклирование, анализ отказов, методы повышения надёжности.
9.	CAD/CAM и цифровое производство	Altium Designer, CAM350, Gerber и ODB++, панелизация, MES-системы, цифровые двойники, Индустрия 4.0.
10.	Перспективные технологии	Гибкая и печатная электроника, wearable electronics, printed electronics, обзор технологий микро- и нанoeлектроники.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Современное электронное производство

Вопросы для обсуждения: Структура электронной промышленности. Контрактное производство электроники. PCB-производство и EMS-компании. Цифровизация производственных цепочек.

Тема 2: Конструкция электронного устройства как объект производства

Вопросы для обсуждения: Технологичность конструкции. Принципы DFM, DFA, DFT. Ограничения массового производства. Требования к проектированию электронных устройств.

Тема 3: Технологии производства печатных плат

Вопросы для обсуждения: Многослойные и HDI-платы. Металлизация отверстий. Производственные допуски. Особенности подготовки PCB к производству.

Тема 4: SMT-производство

Вопросы для обсуждения: Архитектура SMT-линии. Трафаретная печать. Pick-and-place системы. Печи оплавления. Профили пайки.

Тема 5: Технологические дефекты SMT-сборки

Вопросы для обсуждения: Классификация дефектов пайки и монтажа. Дефект tombstone. Void-дефекты. Смещение компонентов. Методы предотвращения дефектов.

Тема 6: Стандарты электронной промышленности

Вопросы для обсуждения: Стандарты IPC-A-610, IPC J-STD-001, IPC-2221. Классы электронных изделий. Требования к качеству электронных сборок.

Тема 7: Автоматизированный контроль качества

Вопросы для обсуждения: AOI, AXI, SPI-контроль. Электрическое тестирование. Boundary Scan. Методы диагностики электронных устройств.

Тема 8: Надёжность электронных устройств

Вопросы для обсуждения: Тепловые режимы. Электромиграция. Термоциклирование. Анализ отказов. Методы повышения надёжности.

Тема 9: CAD/CAM и цифровое производство

Вопросы для обсуждения: Altium Designer, CAM350. Форматы Gerber и ODB++. Панелизация. MES-системы. Цифровые двойники. Индустрия 4.0.

Тема 10: Перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Гибкая и печатная электроника. Wearable electronics. Printed electronics. Обзор технологий микро- и наноэлектроники.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Современное электронное производство

Вопросы для обсуждения: Анализ структуры электронной промышленности. Оценка рынка EMS-компаний. Разбор примеров цифровизации производств.

Тема 2: Конструкция электронного устройства как объект производства

Вопросы для обсуждения: Оценка технологичности готового чертежа. Разработка рекомендаций по DFM. Анализ соответствия требованиям массового производства.

Тема 3: Технологии производства печатных плат

Вопросы для обсуждения: Проектирование топологии многослойной платы. Расчёт производственных допусков. Подготовка данных для изготовления PCB.

Тема 4: SMT-производство

Вопросы для обсуждения: Настройка профиля оплавления. Расчёт параметров трафаретной печати. Оптимизация работы pick-and-place.

Тема 5: Технологические дефекты SMT-сборки

Вопросы для обсуждения: Идентификация дефектов по фотографиям. Анализ причин возникновения. Разработка мер предотвращения.

Тема 6: Стандарты электронной промышленности

Вопросы для обсуждения: Применение IPC-A-610 для оценки качества. Определение класса изделия по стандартам. Составление контрольного листа.

Тема 7: Автоматизированный контроль качества

Вопросы для обсуждения: Настройка AOI. Анализ результатов SPI.

Тема 8: Надёжность электронных устройств

Вопросы для обсуждения: Расчёт тепловых режимов. Планирование ускоренных испытаний. Анализ отказов по реальным примерам.

Тема 9: CAD/CAM и цифровое производство

Вопросы для обсуждения: Панелизация плат. Работа в MES-системе. Построение цифрового двойника.

Тема 10: Перспективные технологии

Вопросы для обсуждения: Проектирование гибкой платы. Обзор технологий печатной электроники. Анализ примеров носимых устройств.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Современное электронное производство. Конструкция электронного устройства как объект производства. Технологии производства печатных плат. SMT-производство. Технологические дефекты SMT-сборки. Стандарты электронной промышленности. Автоматизированный контроль качества. Надёжность электронных устройств. CAD/CAM и цифровое производство. Перспективные технологии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Оценка технологичности электронных конструкций. Расчёт производственных допусков печатных плат. Настройка профиля оплавления. Идентификация и анализ дефектов SMT-сборки. Применение стандартов IPC для контроля качества. Расчёт тепловых режимов и ускоренных испытаний. Проектирование гибких и печатных электронных устройств.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура EMS-компаний и цифровизация производства. Принципы DFM, DFA, DFT. Технологии изготовления многослойных и HDI-плат. Этапы SMT-линии и профили пайки. Дефекты tombstone, void, смещение компонентов. Классы электронных изделий по IPC-A-610. Методы AOI, AXI, SPI, Boundary Scan. Анализ отказов и повышение надёжности. Форматы Gerber, ODB++, MES-системы. Гибкая и печатная электроника.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное

время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Современное электронное производство	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Конструкция электронного устройства как объект производства	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Технологии производства печатных плат	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
SMT-производство	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Технологические дефекты SMT-сборки	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Стандарты электронной промышленности	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Автоматизированный контроль качества	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Надёжность электронных устройств	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
CAD/CAM и цифровое производство	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Перспективные технологии	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	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 «Современное электронное производство»

1. Что означает аббревиатура EMS в электронной промышленности?
 - а) Electronic Manufacturing Services
 - б) Electro Mechanical Systems
 - в) Embedded Memory Storage
 - г) Energy Management System
2. Какая компания является типичным представителем EMS-производителя?
 - а) Intel
 - б) Foxconn
 - в) Microsoft
 - г) Samsung (подразделение полупроводников)
3. Что такое PCB?
 - а) Programmable Circuit Board
 - б) Printed Circuit Board
 - в) Power Control Box
 - г) Process Control Block
4. Какой этап является первым в типовой цепочке контрактного производства электроники?
 - а) SMT-монтаж
 - б) Закупка компонентов
 - в) Проектирование и подготовка Gerber-файлов
 - г) Электрическое тестирование
5. Что такое цифровизация производственных цепочек в электронике?
 - а) Использование цифровых двойников и MES-систем
 - б) Замена всех рабочих роботами
 - в) Отказ от бумажной документации
 - г) Печать плат на 3D-принтере
6. Какая страна является мировым лидером по объёму EMS-услуг?
 - а) США
 - б) Германия
 - в) Китай
 - г) Япония
7. Что из перечисленного относится к преимуществам контрактного производства?
 - а) Полный контроль над технологиями
 - б) Снижение капитальных затрат на оборудование
 - в) Увеличение времени вывода продукта на рынок
 - г) Обязательное раскрытие всех ноу-хау
8. Что такое ODM в отличие от EMS?
 - а) ODM только собирает, EMS разрабатывает
 - б) ODM разрабатывает и производит под брендом заказчика, EMS только производит по готовой документации
 - в) ODM занимается только тестированием
 - г) ODM не работает с электроникой
9. Какой формат файлов является стандартом для передачи данных о печатной плате на производство?
 - а) PDF
 - б) DWG

в) Gerber

г) STL

10. Что такое Industry 4.0 применительно к электронному производству?

а) Замена всех операторов

б) Полная автоматизация и цифровизация с обменом данными в реальном времени

в) Использование только одного поставщика

г) Отказ от печатных плат

11. Какая из перечисленных компаний является классическим EMS-провайдером?

а) Apple

б) TSMC

в) Flex Ltd. (бывшая Flextronics)

г) ASML

12. Что означает термин «panelization» в PCB-производстве?

а) Создание панели управления

б) Объединение нескольких плат в одну панель для оптимизации сборки

в) Нанесение защитной панели на плату

г) Удаление панельных заусенцев

13. Какой показатель характеризует эффективность SMT-линии?

а) Общее время безотказной работы

б) Количество дефектов на миллион компонентов (DPMO)

в) Скорость печати трафарета

г) Напряжение питания

14. Что такое NPI в EMS-индустрии?

а) Non-Production Item

б) New Product Introduction – запуск нового изделия в производство

в) National Procurement Index

г) Negative Process Inspection

15. Какая доля мирового рынка электроники приходится на EMS-компании (приблизительно)?

а) Менее 10%

б) Около 30-35%

в) Более 70%

г) Почти 100%

16. Что из перечисленного является основным драйвером перехода на контрактное производство?

а) Желание сохранить рабочие места

б) Концентрация на ключевых компетенциях (брендинг, разработка)

в) Увеличение налогов

г) Требования профсоюзов

17. Какой документ регламентирует качество электронных сборок в мировой практике?

а) ISO 9001

б) IPC-A-610

в) ГОСТ РВ 15.000

г) IATF 16949

18. Что такое «цифровой двойник» производственной линии?

а) Виртуальная копия линии для моделирования и оптимизации

б) Дублирующая линия на случай поломки

в) Программа обучения операторов

г) Робот-двойник

19. Что характеризует концепцию «Smart Factory»?

а) Наличие кондиционеров

б) Полностью автоматизированная и взаимосвязанная производственная система

- в) Использование смартфонов у рабочих
 - г) Отсутствие людей
20. Какой из перечисленных факторов наиболее важен при выборе EMS-партнёра?
- а) Наличие офиса в той же стране
 - б) Опыт производства аналогичных изделий и качество
 - в) Цвет униформы сотрудников
 - г) Наличие футбольного поля

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Структура электронной промышленности. Контрактное производство электроники и EMS-компаний.
2. Цифровизация производственных цепочек в электронной промышленности.
3. Технологичность конструкции электронного устройства. Принципы DFM, DFA, DFT.
4. Требования к проектированию электронных устройств для массового производства.
5. Технологии производства многослойных печатных плат.
6. HDI-платы: особенности и производственные допуски.
7. Металлизация отверстий в печатных платах. Подготовка PCB к производству.
8. Архитектура SMT-линии. Трафаретная печать и pick-and-place системы.
9. Печи оплавления и профили пайки в SMT-производстве.
10. Классификация технологических дефектов SMT-сборки.
11. Дефект tombstone и void-дефекты: причины возникновения и методы предотвращения.
12. Смещение компонентов и другие дефекты монтажа на печатные платы.
13. Стандарты IPC в электронной промышленности. Стандарты IPC-A-610 и IPC J-STD-001.
14. Классы электронных изделий согласно IPC-2221. Требования к качеству электронных сборок.
15. Автоматизированный контроль качества: AOI, AXI, SPI-контроль.
16. Электрическое тестирование и Boundary Scan. Методы диагностики электронных устройств.
17. Надёжность электронных устройств: тепловые режимы, электромиграция, термоциклирование.
18. Анализ отказов и методы повышения надёжности электронных устройств.
19. CAD/CAM и цифровое производство. Форматы Gerber и ODB++. Панелизация и MES-системы.
20. Цифровые двойники и Индустрия 4.0. Перспективные технологии: гибкая, печатная электроника, wearable electronics.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень.	отлично	зачтено	86-100

		Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Юрков, Н. К. Технология производства электронных средств: учебник для вузов / Н. К.

Юрков. – 2-е изд., испр., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 480 с. – ISBN 978-5-8114-1552-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168617>

2. Лазутин, Ю. Д. Технология электронных средств: учебник / Ю. Д. Лазутин, В. П. Корячко, В. В. Сускин. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. – 286 с. – ISBN 978-5-7038-3740-5. – Текст: электронный // Znaniум: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=423844>

Дополнительная литература:

1. Селиванова, З. М. Технология производства электронных средств: учебное пособие / З. М. Селиванова. – Тамбов: ТГТУ, 2017. – 80 с. – ISBN 978-5-8265-1734-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/122057>

2. Наракидзе, Н. Д. Основы проектирования и конструирования приборов и систем: учебное пособие / Н. Д. Наракидзе, А. М. Ланкин, М. В. Ланкин и др. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2022. – 96 с. – ISBN 978-5-9997-0813-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/221043>

3. Bogatin, E. Signal and Power Integrity - Simplified / E. Bogatin. — 2th ed. — Boston: Pearson Education (Addison-Wesley), 2021. — 1056 p. — ISBN 978-0137453306.

4. Pecht, M. Encapsulation Technologies for Electronic Applications / M. Pecht, A. Fowler. — 2nd ed. — Oxford: Elsevier Academic Press, 2018. — 480 p. — ISBN 978-0443159947.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

– систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

– серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

– установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

- KiCad - Schematic Capture & PCB Design Software
- Altium Designer;
- CAM350 / Valor;
- Proteus Design Suite;
- Autodesk Fusion 360 Electronics;
- ANSYS Icepak или SolidWorks Flow Simulation;

- ПО для анализа Gerber/ODB++ данных.

—

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Системы автоматизированного проектирования печатных плат».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области автоматизированного проектирования печатных плат с использованием современных САД-систем, стандартов и методов схемотехнического проектирования, высокоскоростной трассировки, анализа целостности сигналов и электромагнитной совместимости, а также освоение процессов подготовки производства и интеграции для решения профессиональных задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: современные САД-системы проектирования печатных плат, стандарты IPC, методы схемотехнического проектирования, трассировки, анализа целостности сигналов и электромагнитной совместимости, а также форматы выходных данных для производства. Уметь: разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели печатных плат с учётом технологичности, выполнять высокоскоростную трассировку, строить модели в САЕ-системах и проводить стационарные и нестационарные расчёты. Владеть: навыками сквозного проектирования печатных плат в САД-системах, учёта технологических ограничений, формирования производственной документации и интеграции ECAD/MCAD для проверки коллизий.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач.	Знать: современные системы автоматизированного проектирования печатных плат, IPC-стандарты и библиотеки

актуальных научных задач для различных сфер жизнедеятельности		компонентов, методы схемотехнического и топологического проектирования, принципы проектирования многослойных плат и высокоскоростных цепей, достаточные для описания и проектирования новых методов решения научных задач. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения научных задач в области проектирования печатных плат на основе современных САД-систем и стандартов, обосновывать выбор архитектуры платы, материалов и технологических решений для обеспечения целостности сигналов и защиты от помех, подготавливать проектную документацию для производства. Владеть: навыками работы в САПР печатных плат, методами схемотехнического и топологического проектирования, способами обеспечения целостности сигналов и электромагнитной совместимости, приемами САМ- подготовки и генерации производственных файлов, а также навыками подготовки проектной документации в соответствии с IPC- стандартами.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования печатных плат» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в PCB CAD-системы	Современные САПР печатных плат. Жизненный цикл электронного устройства. Обзор Altium Designer и KiCad. Структура PCB-проекта.
2.	IPC-стандарты и библиотеки компонентов	Стандарты IPC-2221 и IPC-7351B. Создание символов, footprint и 3D-моделей компонентов.
3.	Схемотехническое проектирование	Разработка электрических схем. Иерархические схемы. Net Classes. Генерация BOM.
4.	DFM и технологические ограничения	Требования производства PCB. Типы vias, минимальные зазоры, требования SMT-монтажа.
5.	Stackup и многослойные платы	Проектирование стека слоев. FR-4 и Rogers. Blind/Buried vias. Контроль импеданса.
6.	Высокоскоростная трассировка	Дифференциальные пары. DDR/USB/Ethernet routing. Length Matching и topology routing.
7.	Signal Integrity и Power Integrity	Анализ Crosstalk, reflections, PDN и IR Drop. Размещение развязывающих конденсаторов.
8.	ЕМС/ЕМИ и защита от помех	Grounding, split planes, экранирование и снижение электромагнитных помех.
9.	САМ-подготовка и документация	Gerber X2, ODB++, Drill files, Pick-and-Place и производственная документация.
10.	ECAD/MCAD и итоговый проект	Интеграция ECAD/MCAD, collision detection и выполнение сквозного PCB-проекта.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в PCB CAD-системы.

Вопросы для обсуждения: Определение и назначение САПР печатных плат. Жизненный цикл электронного устройства. Обзор современных CAD-систем: Altium Designer, KiCad. Структура PCB-проекта.

Тема 2: IPC-стандарты и библиотеки компонентов.

Вопросы для обсуждения: Стандарты IPC-2221 и IPC-7351B. Создание условных графических обозначений. Разработка посадочных мест и 3D-моделей компонентов. Организация библиотек.

Тема 3: Схемотехническое проектирование

Вопросы для обсуждения: Разработка электрических принципиальных схем. Иерархические схемы. Классы цепей. Генерация спецификации материалов.

Тема 4: DFM и технологические ограничения

Вопросы для обсуждения: Требования производства печатных плат. Типы переходных отверстий. Минимальные зазоры и ширины проводников. Требования к SMT-монтажу.

Тема 5: Stackup и многослойные платы

Вопросы для обсуждения: Проектирование стека слоёв. Материалы FR-4 и Rogers. Слепые и скрытые отверстия. Контроль волнового сопротивления.

Тема 6: Высокоскоростная трассировка

Вопросы для обсуждения: Дифференциальные пары. Маршрутизация цепей DDR, USB, Ethernet. Согласование длин линий. Топология трассировки.

Тема 7: Signal Integrity и Power Integrity

Вопросы для обсуждения: Анализ перекрёстных помех. Отражения сигналов. Целостность питания. Падение напряжения. Размещение развязывающих конденсаторов.

Тема 8: EMC/EMI и защита от помех

Вопросы для обсуждения: Заземление. Разделение полигонов. Экранирование. Методы снижения электромагнитных помех.

Тема 9: CAM-подготовка и документация

Вопросы для обсуждения: Форматы Gerber X2, ODB++. Создание сверловочных файлов. Подготовка документации для автоматической сборки. Выпуск производственных файлов.

Тема 10: ECAD/MCAD и итоговый проект

Вопросы для обсуждения: Интеграция электронного и механического проектирования. Обнаружение коллизий. Сквозной проект печатной платы от схемы до документации.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в PCB CAD-системы.

Вопросы для обсуждения: Интерфейс CAD-системы. Настройка рабочей среды. Создание и сохранение проекта. Импорт и экспорт данных.

Тема 2: IPC-стандарты и библиотеки компонентов.

Вопросы для обсуждения: Создание символа компонента по даташиту. Разработка посадочного места в соответствии с IPC. Добавление 3D-модели. Ведение библиотеки.

Тема 3: Схемотехническое проектирование

Вопросы для обсуждения: Размещение компонентов на схеме. Соединение цепей. Назначение классов цепей. Формирование спецификации.

Тема 4: DFM и технологические ограничения

Вопросы для обсуждения: Настройка правил проектирования. Проверка зазоров и ширин проводников. Выбор типов отверстий.

Тема 5: Stackup и многослойные платы

Вопросы для обсуждения: Настройка стека слоёв. Расчёт импеданса. Добавление слепых и скрытых отверстий.

Тема 6: Высокоскоростная трассировка

Вопросы для обсуждения: Трассировка дифференциальных пар. Согласование длин линий. Маршрутизация шин памяти.

Тема 7: Signal Integrity и Power Integrity

Вопросы для обсуждения: Запуск анализа целостности сигналов. Интерпретация временных диаграмм. Размещение развязывающих конденсаторов.

Тема 8: EMC/EMI и защита от помех

Вопросы для обсуждения: Создание заземляющих полигонов. Разделение аналоговой и цифровой земли. Добавление экранирующих дорожек.

Тема 9: CAM-подготовка и документация

Вопросы для обсуждения: Генерация Gerber-файлов. Проверка сверловочных файлов. Экспорт Pick-and-Place. Формирование отчётов.

Тема 10: ECAD/MCAD и итоговый проект

Вопросы для обсуждения: Экспорт 3D-модели платы в MCAD. Проверка коллизий с корпусом. Выполнение сквозного проекта. Оформление итоговой документации.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в PCB CAD-системы. IPC-стандарты и библиотеки компонентов. Схемотехническое проектирование. DFM и технологические ограничения. Stackup и многослойные платы. Высокоскоростная трассировка. Signal Integrity и Power Integrity. EMC/EMI и защита от помех. CAM-подготовка и документация. ECAD/MCAD и итоговый проект.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Настройка CAD-системы и создание проекта. Создание символов и посадочных мест по даташитам. Разработка электрической схемы и генерация спецификации. Настройка правил проектирования и проверка зазоров. Проектирование стека слоёв и расчёт импеданса. Трассировка дифференциальных пар и согласование длин. Анализ целостности сигналов и размещение развязывающих конденсаторов. Организация заземления и экранирования. Генерация Gerber-файлов и выходной документации. Интеграция 3D-модели платы с корпусом.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Структура PCB-проекта. IPC-стандарты для библиотек компонентов. Правила схемотехнического проектирования. Технологические ограничения DFM. Материалы и конструкция многослойных плат. Требования к высокоскоростной трассировке. Анализ целостности сигналов и питания. Методы обеспечения электромагнитной совместимости. Форматы выходных данных для производства. Этапы сквозного проектирования печатной платы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в PCB CAD-системы	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
IPC-стандарты и библиотеки компонентов	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Схемотехническое проектирование	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
DFM и технологические ограничения	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Stackup и многослойные платы	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Высокоскоростная трассировка	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Signal Integrity и Power Integrity	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
EMC/EMI и защита от помех	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
CAM-подготовка и документация	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
ECAD/MCAD и итоговый проект	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в PCB CAD-системы»

1. Что означает аббревиатура PCB?

- а) Programmable Circuit Board
- б) Printed Circuit Board
- в) Power Control Board
- г) Process Control Block

2. Какая CAD-система является профессиональным инструментом для проектирования печатных плат?

- а) AutoCAD
- б) Altium Designer
- в) CorelDRAW
- г) Adobe Illustrator

3. Какой формат файлов является стандартным для хранения данных о печатной плате?

- а) PDF
- б) DWG
- в) PCB
- г) DOCX

4. Что такое жизненный цикл электронного устройства?

- а) Время работы устройства до первого ремонта
- б) Последовательность этапов от идеи до утилизации
- в) Гарантийный срок службы
- г) Время производства устройства

5. Какая из перечисленных CAD-систем распространяется как бесплатное ПО с открытым исходным кодом?

- а) Altium Designer
- б) KiCad
- в) PADS
- г) Allegro

6. Что включает в себя структура PCB-проекта?

- а) Только схему электрическую принципиальную
- б) Только топологию печатной платы
- в) Схему, плату, библиотеки, выходные файлы
- г) Только спецификацию компонентов

7. Для чего предназначена система САПР печатных плат?

- а) Для расчёта механических нагрузок
- б) Для автоматизированного проектирования электронных схем и топологии плат
- в) Для написания микропрограмм
- г) Для тестирования готовых изделий

8. Какой этап жизненного цикла предшествует проектированию печатной платы?

- а) Производство
- б) Эксплуатация
- в) Техническое задание и разработка концепции
- г) Утилизация

9. Что из перечисленного является результатом работы в CAD-системе после завершения трассировки?

- а) Принципиальная схема
- б) Gerber-файлы
- в) Блок-схема алгоритма
- г) Монтажная схема соединений

10. Какую функцию выполняет система Altium Designer?

- а) Только 3D-моделирование деталей

- б) Сквозное проектирование печатных плат от схемы до производства
- в) Только расчёт тепловых режимов
- г) Только создание библиотек компонентов

11. Что такое «схема электрическая принципиальная»?

- а) Топология расположения компонентов на плате
- б) Графическое отображение электрических соединений между компонентами
- в) Перечень элементов для закупки
- г) Чертеж печатной платы в масштабе

12. Какой компонент обязателен для создания печатной платы?

- а) Микроконтроллер
- б) Разъём питания
- в) Топология проводников и контактных площадок
- г) Жидкокристаллический дисплей

13. Для чего используется 3D-модель печатной платы?

- а) Для расчёта стоимости
- б) Для проверки совместимости с корпусом и механическими компонентами
- в) Для подбора компонентов
- г) Для составления спецификации

14. Что такое ECAD?

- а) Electronic Computer-Aided Design
- б) Economic CAD
- в) Electrical CAD
- г) Engineering CAD

15. Что такое MCAD?

- а) Micro CAD
- б) Mechanical CAD
- в) Medical CAD
- г) Mathematical CAD

16. Какова основная цель интеграции ECAD и MCAD?

- а) Увеличение стоимости проекта
- б) Обеспечение совместной работы электронщиков и механиков для предотвращения коллизий
- в) Замена одного специалиста другим
- г) Снижение требований к квалификации

17. Какая информация содержится в спецификации материалов (BOM)?

- а) Стоимость разработки
- б) Перечень всех компонентов с наименованиями и количествами
- в) Трассировка соединений
- г) Результаты тестирования

18. Какой этап следует после завершения проектирования печатной платы?

- а) Эксплуатация
- б) САМ-подготовка и изготовление
- в) Утилизация
- г) Маркетинговое исследование

19. Что из перечисленного не входит в состав выходных данных для производства?

- а) Gerber-файлы
- б) Drill-файлы
- в) Pick-and-Place файлы
- г) Исходный код прошивки

20. Какая система САПР является отраслевым стандартом в России для проектирования печатных плат?

- а) P-CAD

- б) Altium Designer
- в) КОМПАС-3D (только для механики)
- г) KiCad

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине:

1. Определение и назначение САПР печатных плат. Классификация современных САД-систем. Структура РСВ-проекта.
2. Жизненный цикл электронного устройства и роль САД-систем на каждом этапе.
3. Стандарт IPC-2221: общие требования к проектированию печатных плат. Электрические, механические и термические ограничения.
4. Стандарт IPC-7351B: правила создания посадочных мест для поверхностного монтажа. Расчёт размеров контактных площадок.
5. Создание библиотек компонентов: условные графические обозначения, footprint, 3D-модели. Организация и ведение библиотек.
6. Схемотехническое проектирование: разработка электрических принципиальных схем. Иерархические и многостраничные схемы.
7. Классы цепей и их назначение. Генерация спецификации материалов и её структура.
8. Технологические ограничения DFM: минимальные зазоры, ширины проводников, требования к SMT-монтажу.
9. Типы переходных отверстий: сквозные, слепые, скрытые, микро-отверстия. Области применения.
10. Проектирование стека слоёв для многослойных плат. Материалы FR-4, Rogers, их свойства и выбор.
11. Контроль волнового сопротивления в высокоскоростных цепях. Методы расчёта и настройки.
12. Высокоскоростная трассировка: дифференциальные пары, правила разводки шин DDR, USB, Ethernet.
13. Согласование длин линий и методы его выполнения в САД-системах.
14. Топология трассировки: «звезда», «дерево», «последовательная» и их применение.
15. Анализ целостности сигналов: перекрёстные помехи, отражения, методы снижения.
16. Целостность питания: падение напряжения, размещение развязывающих конденсаторов.
17. Развязывающие конденсаторы: выбор номинала, размещение и разводка для минимизации паразитных параметров.

18. Обеспечение электромагнитной совместимости: заземление, разбиение полигонов, экранирование.
19. Разделение аналоговой и цифровой земли. Методы организации заземляющих слоёв.
20. САМ-подготовка: форматы Gerber X2, ODB++, Drill-файлы. Особенности и назначение каждого формата.
21. Создание выходной документации для производства: Gerber, сверловка, Pick-and-Place файлы, отчёты.
22. Интеграция ECAD/MCAD: экспорт 3D-моделей печатной платы, проверка коллизий с корпусом.
23. Автоматическая проверка правил проектирования и проверка зазоров.
24. Сквозной проект в Altium Designer / KiCad: от создания проекта до выпуска Gerber-файлов.
25. Современные тенденции в проектировании печатных плат: облачные САД-системы, автоматическая трассировка на основе искусственного интеллекта.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более	Включает нижестоящий уровень. Способность	хорошо		71-85

	широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Лопаткин, А. В. Проектирование печатных плат в системе Altium Designer: учебное пособие / А. В. Лопаткин. — 2-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2017. — 554 с. — ISBN 978-5-97060-509-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97334>
2. Приходько, Д. В. Учебно-методическое пособие по работе с библиотеками в Altium Designer: учебное пособие / Д. В. Приходько, А. А. Айрапетян. — Москва: МИЭТ, 2022. — 180 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/309332>

Дополнительная литература:

1. Григорьев, В. А. Автоматизация проектирования электронной аппаратуры: учебное пособие / В. А. Григорьев. — Тверь: ТвГТУ, 2017. — 212 с. — ISBN 978-5-7995-0888-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171301>
2. Проектирование печатных плат: учебное пособие / М. С. Лихачева, И. А. Лихачев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 172 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-9206-0. — Текст: электронный // Лань:

электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/257204>

3. Усатенко, С. Т. Системы автоматизированного проектирования печатных плат: учебное пособие / С. Т. Усатенко, Т. С. Усатенко. — Старый Оскол: ТНТ, 2021. — 144 с. — ISBN 978-5-94178-614-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218789>

4. Яцук, А. Н. Система автоматизированного проектирования Altium Designer. Практикум: учебное пособие / А. Н. Яцук, Ю. С. Сычёва. — Минск: РИПО, 2018. — 142 с. — ISBN 978-985-503-781-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

–Специализированное:

- Altium Designer;
- KiCad;
- Altium 365;
- SolidWorks;
- Autodesk Fusion;
- Git/GitHub;
- CAM Viewer.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными

компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения практических занятий – при необходимости используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Микропроцессорные технологии и интегральные схемы».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области архитектуры, схемотехники и низкоуровневого программирования современных микроконтроллерных систем, а также методов их интеграции с датчиками и исполнительными устройствами для решения задач прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: основные принципы работы, конструктивные особенности и параметры микропроцессорных систем и интегральных схем; требования к оформлению и содержанию конструкторской документации на электронные узлы; методы и средства измерения параметров электронных компонентов, а также способы испытаний для подтверждения заявленных свойств. Уметь: читать и анализировать и компонентов техническим условиям. Владеть:
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоёмких задач для различных сфер жизнедеятельности	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач.	Знать: архитектуру микропроцессорных систем, основы цифровой схемотехники, принципы работы периферийных устройств, методы bare-metal программирования и обработки событий реального времени, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоёмких задач. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоёмких задач на основе

		микропроцессорных технологий и интегральных схем, обосновывать выбор архитектуры и периферии для конкретных приложений, разрабатывать программное обеспечение для управления внешними устройствами и датчиками, интегрировать микропроцессорные системы в комплексные решения. Владеть: навыками программирования микроконтроллеров на низком уровне, методами работы с периферийными модулями и интерфейсами, способами интеграции датчиков и исполнительных устройств, приемами обработки прерываний и событий реального времени, а также навыками проектирования встроенных систем на основе современных микропроцессорных архитектур.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Микропроцессорные технологии и интегральные схемы» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе

индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику	Жизненный цикл разработки встроенных систем. Обзор рынка современных микроконтроллеров (MCU). Понятие архитектурного мышления инженера. Архитектура открытых команд RISC-V и экосистема ARM.
2.	Основы цифровой схемотехники	Базовые логические элементы, триггеры, регистры. Проектирование и анализ конечных автоматов (FSM) на регистрах. Временные диаграммы, задержки вентилей и целостность сигналов (timing & signal integrity).
3.	Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V	Архитектура ядер ARM Cortex-M и RISC-V. Конвейер команд, организация внутренней памяти, системные шины (AHB, APB). Карта памяти (Memory Map) микроконтроллера.
4.	Регистровая модель, память, стек и система команд	Регистры общего назначения и специальные регистры. Организация оперативной памяти, работа со стеком. Исключения и управление контекстом. Система команд процессора.
5.	Bare-metal программирование и CMSIS	Принципы разработки без операционных систем (Bare-metal firmware). Стандарт CMSIS. Прямой доступ к регистрам конфигурации периферии через указатели и структуры в языке C.
6.	Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование	Конфигурация портов ввода-вывода (GPIO). Системные тактовые генераторы (RCC/Clock tree). Архитектура аппаратных таймеров, генерация ШИМ (PWM), сторожевой таймер (Watchdog).
7.	Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA	Архитектура АЦП (ADC) последовательного приближения. Контроллер прямого доступа к памяти (DMA). Поточковая обработка данных от сенсоров в фоновом режиме без участия ядра.
8.	Прерывания и обработка событий реального времени	Вложенный векторный контроллер прерываний (NVIC). Обработка прерываний (ISR), приоритеты, латентность прерываний. Проектирование архитектуры программ, управляемой событиями (Interrupt-driven architecture).
9.	Индустриальные интерфейсы передачи данных	Физический и логический уровни синхронных и асинхронных интерфейсов: UART, SPI, I2C. Обзор отказоустойчивых и высокоскоростных интерфейсов: CAN-bus, USB.
10.	Интеграция датчиков и исполнительных устройств	Чтение технической документации (Datasheet и Reference Manual). Разработка низкоуровневых драйверов для цифровых сенсоров (акселерометры, гироскопы, термодатчики) и исполнительных механизмов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих

преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику

Вопросы для обсуждения: Жизненный цикл разработки встроенных систем. Обзор рынка микроконтроллеров. Понятие архитектурного мышления. Архитектура RISC-V и экосистема ARM.

Тема 2: Основы цифровой схемотехники

Вопросы для обсуждения: Базовые логические элементы, триггеры, регистры. Проектирование конечных автоматов на регистрах. Временные диаграммы. Задержки вентилей и целостность сигналов.

Тема 3: Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V

Вопросы для обсуждения: Архитектура ядер ARM Cortex-M и RISC-V. Конвейер команд. Организация внутренней памяти. Системные шины AHB, APB. Карта памяти микроконтроллера.

Тема 4: Регистровая модель, память, стек и система команд

Вопросы для обсуждения: Регистры общего назначения и специальные регистры. Организация оперативной памяти. Работа со стеком. Исключения и управление контекстом. Система команд процессора.

Тема 5: Bare-metal программирование и CMSIS

Вопросы для обсуждения: Принципы разработки без операционных систем. Стандарт CMSIS. Прямой доступ к регистрам конфигурации периферии через указатели и структуры в языке C.

Тема 6: Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование

Вопросы для обсуждения: Конфигурация портов ввода-вывода. Системные тактовые генераторы и тактовое дерево. Архитектура аппаратных таймеров. Генерация ШИМ. Сторожевой таймер.

Тема 7: Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA

Вопросы для обсуждения: Архитектура АЦП последовательного приближения. Контроллер прямого доступа к памяти. Поточковая обработка данных от сенсоров без участия ядра.

Тема 8: Прерывания и обработка событий реального времени

Вопросы для обсуждения: Вложенный векторный контроллер прерываний. Обработка прерываний, приоритеты, латентность. Проектирование архитектуры программ, управляемой событиями.

Тема 9: Индустриальные интерфейсы передачи данных

Вопросы для обсуждения: Физический и логический уровни синхронных и асинхронных интерфейсов UART, SPI, I2C. Отказоустойчивые и высокоскоростные интерфейсы CAN-bus, USB.

Тема 10: Интеграция датчиков и исполнительных устройств

Вопросы для обсуждения: Чтение технической документации (Datasheet и Reference Manual). Разработка низкоуровневых драйверов для цифровых сенсоров и исполнительных механизмов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику

Вопросы для обсуждения: Выбор микроконтроллера для конкретной задачи. Анализ рынка и технических требований. Постановка задачи на проектирование встраиваемой системы.

Тема 2: Основы цифровой схемотехники

Вопросы для обсуждения: Построение и анализ временных диаграмм для триггеров и регистров. Расчёт задержек. Синтез конечного автомата.

Тема 3: Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V

Вопросы для обсуждения: Изучение карты памяти конкретного микроконтроллера. Настройка системных шин. Анализ энергопотребления.

Тема 4: Регистровая модель, память, стек и система команд

Вопросы для обсуждения: Программирование на ассемблере простых операций с регистрами и стеком. Написание обработчика исключений.

Тема 5: Bare-metal программирование и CMSIS

Вопросы для обсуждения: Настройка тактирования и конфигурация портов через CMSIS. Написание простой программы без операционной системы.

Тема 6: Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование

Вопросы для обсуждения: Мигание светодиодом с использованием таймера. Настройка ШИМ для управления сервоприводом. Конфигурация сторожевого таймера.

Тема 7: Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA

Вопросы для обсуждения: Настройка АЦП для чтения аналогового датчика. Организация DMA для передачи данных в память без участия процессора.

Тема 8: Прерывания и обработка событий реального времени

Вопросы для обсуждения: Настройка внешних прерываний по кнопке. Определение приоритетов и обработка вложенных прерываний. Измерение латентности.

Тема 9: Индустриальные интерфейсы передачи данных

Вопросы для обсуждения: Обмен данными по UART с компьютером. Подключение датчика по SPI. Работа с шиной I2C.

Тема 10: Интеграция датчиков и исполнительных устройств

Вопросы для обсуждения: Написание драйвера для цифрового акселерометра. Чтение датчика и конфигурация регистров. Интеграция датчика в общую систему сбора данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в embedded-системы и микроэлектронику. Основы цифровой схемотехники. Архитектура ARM Cortex-M и RISC-V. Регистровая модель, память, стек и система команд. Bare-metal программирование и CMSIS. Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование. Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA. Прерывания и обработка событий реального времени. Индустриальные интерфейсы передачи данных. Интеграция датчиков и исполнительных устройств.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Выбор микроконтроллера для задачи. Построение временных диаграмм триггеров. Программирование на ассемблере операций с регистрами. Настройка портов и тактирования через CMSIS. Реализация мигания светодиодом с таймером. Настройка ШИМ и сторожевого таймера. Конфигурация АЦП и DMA. Обработка внешних прерываний и измерение латентности. Обмен данными по UART, SPI, I2C. Написание драйвера для цифрового датчика.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Жизненный цикл встроенных систем. Логические элементы, триггеры, конечные автоматы. Архитектура ядер и карта памяти. Регистры, стек, система команд. Стандарт CMSIS и bare-metal программирование. Конфигурация GPIO, таймеров, тактовых генераторов. Принципы работы АЦП и DMA. Приоритеты и обработка прерываний. Протоколы UART, SPI, I2C, CAN. Разработка драйверов по технической документации.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие

действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Основы цифровой схемотехники	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Архитектура микропроцессорных систем: ARM Cortex-M и RISC-V	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Регистровая модель, память, стек и система команд	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Bare-metal программирование и CMSIS	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Базовая периферия: GPIO, таймеры, системное тактирование	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Системы аналогово-цифрового преобразования и DMA	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование

Прерывания и обработка событий реального времени	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Индустриальные интерфейсы передачи данных	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование
Интеграция датчиков и исполнительных устройств	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-2.1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в современные embedded-системы и микроэлектронику»

1. Что такое embedded-система?

- а) Персональный компьютер общего назначения
- б) Специализированная вычислительная система, встроенная в устройство для выполнения конкретных задач
- в) Суперкомпьютер для научных расчётов
- г) Серверная операционная система

2. Какая из перечисленных архитектур является открытой и бесплатной для использования?

- а) ARM Cortex-M
- б) x86
- в) RISC-V
- г) MIPS

3. Что из перечисленного не относится к основным компонентам типового микроконтроллера?

- а) Центральный процессор
- б) Память
- в) Периферийные модули
- г) Графический процессор

4. Какой этап следует после разработки концепции в жизненном цикле встроенной системы?

- а) Массовое производство
- б) Проектирование аппаратного и программного обеспечения
- в) Утилизация
- г) Маркетинговое исследование

5. Что означает термин «архитектурное мышление инженера»?

- а) Умение создавать красивые чертежи
- б) Способность выбирать подходящую архитектуру процессора, распределять ресурсы и оптимизировать систему под требования
- в) Знание всех команд процессора наизусть
- г) Умение паять микросхемы

6. Какая компания разрабатывает и лицензирует архитектуру ARM Cortex-M?

- а) Intel
- б) AMD
- в) ARM Holdings
- г) RISC-V International

7. Для каких приложений обычно используются микроконтроллеры ARM Cortex-M?

- а) Для высокопроизводительных серверов
- б) Для встраиваемых систем с низким энергопотреблением

- в) Для игровых консолей
- г) Для графических станций

8. Чем RISC-архитектура отличается от CISC?

- а) RISC имеет сложные, многоцикловые инструкции
- б) RISC имеет простые, одноцикловые инструкции и большое количество регистров
- в) CISC потребляет меньше энергии
- г) CISC не имеет регистров

9. Что такое экосистема ARM?

- а) Только набор процессоров
- б) Совокупность процессорных ядер, инструментов разработки, операционных систем, библиотек и партнёров
- в) Операционная система для встраиваемых устройств
- г) Язык программирования

10. Какой микроконтроллер является популярным представителем ARM Cortex-M?

- а) STM32
- б) Intel Core i7
- в) AMD Ryzen
- г) Raspberry Pi 4

11. Что такое жизненный цикл разработки встроенных систем?

- а) Последовательность этапов от идеи до утилизации с акцентом на верификацию и валидацию
- б) Только написание кода
- в) Только тестирование
- г) Только производство печатных плат

12. Для каких целей чаще всего применяются открытые архитектуры RISC-V?

- а) Для полного контроля над разработкой и избежания лицензионных отчислений
- б) Для увеличения тактовой частоты
- в) Для уменьшения количества транзисторов
- г) Для поддержки устаревшего программного обеспечения

13. Что включает в себя понятие «микроэлектроника»?

- а) Только проектирование микропроцессоров
- б) Область электроники, занимающаяся разработкой и производством интегральных микросхем и компонентов субмиллиметровых размеров
- в) Только производство печатных плат
- г) Только написание прошивок

14. Какой язык программирования наиболее распространён для низкоуровневого программирования микроконтроллеров?

- а) Python
- б) Java
- в) C
- г) JavaScript

15. Что является примером встроенной системы?

- а) Ноутбук
- б) Система управления тормозами автомобиля
- в) Игровая приставка
- г) Настольный компьютер

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерные вопросы к зачету:

1. Определение встроенной системы. Примеры применения в наукоёмких производствах. Жизненный цикл разработки встраиваемых систем.

2. Архитектура открытых команд RISC-V и экосистема ARM: сравнительная характеристика, области применения.
3. Понятие архитектурного мышления инженера. Основные критерии выбора микроконтроллера для конкретной задачи.
4. Базовые логические элементы, триггеры и регистры: назначение, временные диаграммы, применение в цифровых устройствах.
5. Проектирование и анализ конечных автоматов на регистрах. Способы описания и минимизации.
6. Задержки вентиля и целостность сигналов в цифровых схемах. Влияние на быстродействие и надёжность.
7. Архитектура ядер ARM Cortex-M: конвейер команд, организация внутренней памяти, системные шины AHB/APB.
8. Карта памяти микроконтроллера: структура, распределение областей (flash, SRAM, периферия).
9. Регистровая модель процессора: регистры общего назначения, специальные регистры, указатель стека. Назначение и использование.
10. Организация стека и управление контекстом в микроконтроллерах. Аппаратная поддержка вложенных вызовов.
11. Система команд процессора: типовые инструкции, способы адресации, примеры фрагментов кода на ассемблере.
12. Bare-metal программирование: принципы разработки без операционной системы, прямое управление регистрами через указатели.
13. Стандарт CMSIS: структура, назначение, использование для упрощения доступа к периферии ARM-микроконтроллеров.
14. Конфигурация портов ввода-вывода: режимы работы, подтяжка, защита. Организация системного тактирования и тактовое дерево.
15. Аппаратные таймеры: режимы счёта, генерация ШИМ, сторожевой таймер. Применение для измерения времени и управления нагрузкой.
16. Архитектура АЦП последовательного приближения. Контроллер прямого доступа к памяти: принципы работы, настройка, преимущества.
17. Вложенный векторный контроллер прерываний: приоритеты, векторы, обработчики прерываний, латентность, проектирование прерываний в реальном времени.
18. Синхронные и асинхронные интерфейсы: UART, SPI, I2C. Физический и логический уровни, режимы работы, типовые конфигурации.

19. Отказоустойчивые и высокоскоростные интерфейсы: CAN-bus, USB. Особенности протоколов и применение во встраиваемых системах.

20. Разработка низкоуровневых драйверов для датчиков и исполнительных устройств. Анализ технической документации (Datasheet, Reference Manual). Интеграция сенсоров в систему сбора данных.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
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. Смирнов, Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 496 с. – ISBN 978-5-8114-1379-9. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/12948>
2. Коледов, Л. А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок: учебное пособие / Л. А. Коледов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. – 400 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/>

Дополнительная литература:

1. Микушин, А. В. Цифровые устройства и микропроцессоры: учебное пособие / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Сединин. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/>
2. Водовозов, А. М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А. М. Водовозов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 168 с. – ISBN 978-5-9729-1071-7. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:

1. STM32CubeIDE — интегрированная среда разработки встроенного ПО для ядер ARM Cortex-M, включающая GCC компилятор, отладчик и статический анализатор кода.
2. Visual Studio Code + PlatformIO — кроссплатформенная среда разработки и сборки проектов для микроконтроллеров на архитектуре RISC-V (ESP32-C series, Bouffalo Lab) и ARM.
3. OpenOCD (Open On-Chip Debugger) — программное обеспечение для внутрисхемной отладки, программирования и тестирования систем через интерфейсы JTAG/SWD.
4. PulseView / Saleae Logic — программное обеспечение для работы с аппаратными логическими анализаторами, декодирования протоколов UART, SPI, I2C, CAN.
5. KiCad EDA — кроссплатформенная сквозная система автоматизированного проектирования электронных схем и печатных плат (PCB CAD).

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Языки проектирования процессоров и FPGA».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области языков аппаратного описания и методов проектирования цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем (FPGA) и процессорных ядер, необходимых для создания высокопроизводительных и надёжных вычислительных модулей наукоёмкого оборудования.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоёмких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: методологию проектирования цифровых систем с использованием языков описания аппаратуры, архитектуру программируемых логических интегральных схем и процессорных ядер, а также принципы верификации и временного анализа для обеспечения соответствия техническому заданию. Уметь: разрабатывать и отлаживать HDL-модели цифровых устройств, создавать на их основе конструкторскую документацию, работать с 3D-моделями для размещения микросхем и проводить стационарные и нестационарные расчёты с использованием САЕ-систем. Владеть: навыками сквозного проектирования цифровых систем на FPGA (от RTL-описания до генерации прошивки), интеграции HDL-моделей с 3D-моделями электронных узлов и выполнения расчётов для подтверждения характеристик разрабатываемых устройств с учётом требований технологичности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Языки проектирования процессоров и FPGA» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР	Жизненный цикл RTL-проекта. Установка и настройка Xilinx Vivado / Intel Quartus. Структура проекта, flow синтеза и имплементации. Обзор языков HDL (краткий экскурс в VHDL vs Verilog, обоснование выбора SystemVerilog как основного стека курса).
2.	Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog	Типы данных, модули, порты. Описание комбинационных схем. Инициализация, параметры и генерация кода. Стил кодирования, пригодный для синтеза. Старт сквозного проекта: описание базовых узлов будущего процессора.
3.	Архитектура FPGA и основы симуляции	Логические элементы (LUT, FF, BRAM, DSP, кластерная сеть). Принципы тактирования, сброса и кросс-доменной синхронизации. Написание тестбенчей. Симуляция в Vivado Simulator / Verilator. Визуализация временных диаграмм (GTKWave).
4.	Проектирование цифровых узлов и интерфейсов	Последовательностные схемы: регистры, счетчики, конечные автоматы (FSM). Шины данных, контроллеры памяти, базовые протоколы (UART/SPI). Декомпозиция проектов. Интеграция модулей в сквозной проект.
5.	Архитектура процессоров	Набор команд RISC-V. Регистровый файл, АЛУ,

	RISC-V микроархитектура	и блок управления. Конвейеризация (5-ступенчатый конвейер). Обработка hazards, стейлов и прерываний. Проектирование ядра в рамках лабораторных работ.
6.	Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра	Поэтапная реализация проекта на протяжении курса: от АЛУ и регистрового файла до полного конвейерного ядра и подключения периферии. Версионирование (Git), код-ревью и документирование каждого этапа.
7.	Функциональная верификация и отладка	Тестирование по требованиям. SystemVerilog Assertions (SVA). Покрытие кода и функциональное покрытие. Отладка на отладочных платах (JTAG, ILA/SignalTap). Логика тестбенчей для процессорного ядра.
8.	Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация	Файлы ограничений (XDC/SDC). Статический временной анализ (STA). Оптимизация по площади, частоте и энергопотреблению. Генерация битстрима и запуск на FPGA (Artix-7 / Cyclone).
9.	Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования	Введение в HLS (C/C++ -> RTL). Обзор экосистемы open-source и современных языков: Chisel, SpinalHDL. Сравнение подходов RTL и HLS. Границы применимости и автоматизация проектирования.
10.	Итоговая аттестация и индустриальные стандарты	Защита сквозного проекта. Требования к RTL-коду в коммерческих проектах. CI/CD для цифрового дизайна. Перспективы трудоустройства и развития в области FPGA/ASIC.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР

Вопросы для обсуждения: Жизненный цикл RTL-проекта. Установка и настройка САПР. Структура проекта, потоки синтеза и имплементации. Сравнение языков.

Тема 2: Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog

Вопросы для обсуждения: Типы данных, модули, порты. Описание комбинационных схем. Параметры, генерация кода. Стил кодирования для синтеза. Примеры базовых узлов.

Тема 3: Архитектура FPGA и основы симуляции

Вопросы для обсуждения: Логические элементы, блоки памяти, DSP, тактовая сеть. Принципы тактирования, сброса, кросс-доменной синхронизации. Симуляция. Визуализация временных диаграмм.

Тема 4: Проектирование цифровых узлов и интерфейсов

Вопросы для обсуждения: Регистры, счётчики, конечные автоматы. Шины данных, контроллеры памяти. Протоколы передачи данных. Декомпозиция проектов, интеграция модулей.

Тема 5: Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура

Вопросы для обсуждения: Набор команд. Регистровый файл, АЛУ, блок управления. Пятиступенчатый конвейер. Обработка hazards, стейлов, прерываний. Проектирование ядра.

Тема 6: Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра

Вопросы для обсуждения: Поэтапная реализация проекта.

Тема 7: Функциональная верификация и отладка

Вопросы для обсуждения: Тестирование по требованиям. Утверждения. Покрывание кода и функциональное покрытие. Отладка на плате. Тестбенчи для процессорного ядра.

Тема 8: Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация

Вопросы для обсуждения: Файлы ограничений. Статический временной анализ. Оптимизация по площади, частоте, энергопотреблению.

Тема 9: Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования

Вопросы для обсуждения: Введение в высокоуровневый синтез. Экосистема open-source языков. Сравнение подходов RTL и HLS. Автоматизация проектирования.

Тема 10: Итоговая аттестация и промышленные стандарты

Вопросы для обсуждения: Защита сквозного проекта. Требования к RTL-коду в коммерческих проектах. CI/CD для цифрового дизайна. Перспективы развития.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР

Вопросы для обсуждения: Создание проекта в САПР. Импорт файлов. Первый синтез. Анализ отчётов.

Тема 2: Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog

Вопросы для обсуждения: Написание модуля дешифратора, мультиплексора. Компиляция и проверка синтаксиса.

Тема 3: Архитектура FPGA и основы симуляции

Вопросы для обсуждения: Запуск симуляции, анализ временной диаграммы.

Тема 4: Проектирование цифровых узлов и интерфейсов

Вопросы для обсуждения: Реализация конечного автомата управления светодиодом. Подключение через интерфейс.

Тема 5: Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура

Вопросы для обсуждения: Разработка АЛУ. Написание регистрового файла на SystemVerilog.

Тема 6: Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра

Вопросы для обсуждения: Сборка конвейерного ядра. Тестирование на наборе инструкций. Отладка в симуляторе.

Тема 7: Функциональная верификация и отладка

Вопросы для обсуждения: Использование встроенного логического анализатора для захвата сигналов на плате.

Тема 8: Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация

Вопросы для обсуждения: Создание файла ограничений. Запуск статического временного анализа. Анализ критического пути. Оптимизация кода.

Тема 9: Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования

Вопросы для обсуждения: Пример HLS-проекта. Сравнение ручного RTL и HLS по ресурсам.

Тема 10: Итоговая аттестация и промышленные стандарты

Вопросы для обсуждения: Презентация сквозного проекта. Оценка по критериям (документация, покрытие тестами, тайминги).

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР. Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog. Архитектура FPGA и основы симуляции. Проектирование цифровых узлов и интерфейсов. Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура. Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра. Функциональная верификация и отладка. Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация. Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования. Итоговая аттестация и индустриальные стандарты.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Создание проекта в САПР. Написание модулей дешифратора, мультиплексора. Разработка тестбенчей для счётчика. Реализация конечного автомата управления светодиодом. Проектирование АЛУ и регистрового файла для RISC-V. Сборка конвейерного ядра и тестирование. Создание файлов ограничений и статический временной анализ. Пример высокоуровневого синтеза, сравнение подходов. Презентация сквозного проекта, документация, покрытие тестами.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Жизненный цикл RTL-проекта. Типы данных, модули, порты в SystemVerilog. Архитектура FPGA. Регистры, счётчики, конечные автоматы. Набор команд RISC-V, конвейер, обработка hazards. Тестбенчи, утверждения, покрытие. Статический временной анализ, оптимизация. Высокоуровневый синтез, open-source языки. Индустриальные стандарты, CI/CD. Критерии оценки RTL-кода.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР	ПК-2	Тестирование
Базовый RTL-проектирование на SystemVerilog	ПК-2	Тестирование
Архитектура FPGA и основы симуляции	ПК-2	Тестирование
Проектирование цифровых узлов и интерфейсов	ПК-2	Тестирование
Архитектура процессоров RISC-V и микроархитектура	ПК-2	Тестирование
Сквозной лабораторный практикум: разработка RISC-V ядра	ПК-2	Тестирование
Функциональная верификация и отладка	ПК-2	Тестирование
Реализация на кристалле, тайминг-анализ и оптимизация	ПК-2	Тестирование
Высокоуровневый синтез и новые языки проектирования	ПК-2	Тестирование
Итоговая аттестация и индустриальные стандарты	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в проектирование цифровых систем и инструменты САПР»

1. Что означает аббревиатура RTL в контексте проектирования цифровых систем?

- а) Real-Time Logic
- б) Register Transfer Level
- в) Run-Time Library
- г) Random Test Logic

2. Какой из перечисленных этапов является первым в типовом потоке синтеза и имплементации FPGA-проекта?

- а) Place & Route
- б) Синтез

- в) Генерация битстрима
- г) Статический временной анализ

3. Какая компания разрабатывает САПР Vivado?

- а) Intel
- б) AMD (Xilinx)
- в) Lattice Semiconductor
- г) Microchip

4. Какое программное обеспечение является основным САПР для FPGA Intel (Altera)?

- а) Vivado
- б) ISE
- в) Quartus Prime
- г) Libero SoC

5. Что такое битстрим (bitstream) в контексте проектирования FPGA?

- а) Исходный код на Verilog
- б) Файл конфигурации, загружаемый в FPGA для задания логики
- в) Отчёт о синтезе
- г) Временная диаграмма работы схемы

6. Какой из языков описания аппаратуры является наиболее современным и рекомендуется в курсе в качестве основного?

- а) VHDL
- б) Verilog
- в) SystemVerilog
- г) C++

7. Что включает в себя структура RTL-проекта в САПР?

- а) Только исходные файлы на HDL
- б) Исходные файлы, файлы ограничений, тестбенчи, скрипты сборки
- в) Только отчёты о синтезе
- г) Только временные диаграммы

8. Какой этап выполняется после синтеза перед размещением и трассировкой?

- а) Генерация битстрима
- б) Статический временной анализ
- в) Технологическое отображение и упаковка (packing)
- г) Написание тестбенча

9. Какой инструмент используется для просмотра временных диаграмм результатов симуляции?

- а) Vivado Simulator
- б) GTKWave
- в) Quartus Programmer
- г) ModelSim (только для VHDL)

10. Что такое «жизненный цикл RTL-проекта»?

- а) Время существования аппаратного обеспечения
- б) Последовательность этапов от разработки HDL-кода до генерации прошивки и верификации
- в) Срок службы микросхемы FPGA
- г) Время выполнения тестов

11. Какая команда в Vivado запускает синтез проекта из командной строки?

- а) synth_design
- б) place_design
- в) route_design
- г) write_bitstream

12. Что из перечисленного не является стандартным форматом файла ограничений для FPGA?

- а) XDC (Xilinx Design Constraints)
- б) SDC (Synopsys Design Constraints)
- в) SDF (Standard Delay Format)
- г) CSV (Comma-Separated Values)

13. Какая из перечисленных операций не является частью процесса имплементации в FPGA?

- а) Синтез
- б) Place & Route
- в) Генерация битстрима
- г) Редактирование HDL-кода

14. Что такое тестбенч?

- а) Файл ограничений для временного анализа
- б) HDL-модуль, предназначенный для стимуляции и проверки другого модуля
- в) Прошивка для FPGA
- г) Отчёт о покрытии кода

15. Какой язык обычно используется для написания тестбенчей в современных проектах, если основной язык проектирования — SystemVerilog?

- а) Только VHDL
- б) Только Verilog
- в) SystemVerilog (благодаря расширенным возможностям верификации)
- г) C++ без HDL

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Жизненный цикл RTL-проекта: основные этапы от разработки до прошивки FPGA.
2. Назначение и основные этапы синтеза и имплементации цифрового проекта в САПР (Xilinx Vivado / Intel Quartus).
3. Сравнительная характеристика языков описания аппаратуры: VHDL, Verilog, SystemVerilog. Преимущества SystemVerilog.
4. Типы данных, модули и порты в SystemVerilog. Стил кодирования, пригодный для синтеза.
5. Описание комбинационных и последовательностных схем на SystemVerilog. Примеры кода.
6. Архитектура FPGA: логические элементы (LUT, FF), блоки памяти (BRAM), DSP-блоки, тактовая сеть.
7. Принципы тактирования, сброса и кросс-доменной синхронизации в FPGA.
8. Основы симуляции цифровых систем. Написание тестбенчей. Инструменты симуляции (Vivado Simulator, Verilator).
9. Визуализация временных диаграмм (GTKWave). Типовые ошибки при симуляции.
10. Проектирование регистров, счетчиков и конечных автоматов на SystemVerilog.
11. Организация шин данных, контроллеров памяти. Базовые протоколы обмена (UART, SPI).
12. Декомпозиция проектов и интеграция модулей. Подходы к повторному использованию кода.
13. Архитектура набора команд RISC-V. Основные группы инструкций и регистровый файл.
14. Микроархитектура процессора: АЛУ, блок управления, тракты данных.

15. Пятиступенчатый конвейер в RISC-V: стадии IF, ID, EX, MEM, WB.
16. Обработка конвейерных hazards: структурные, data hazards, control hazards. Методы разрешения (forwarding, stalling).
17. Реализация прерываний и исключений в конвейерном процессоре.
18. Сквозной проект RISC-V ядра на SystemVerilog: этапы разработки, версионирование, код-ревью.
19. Функциональная верификация цифровых систем. SystemVerilog Assertions (SVA).
20. Покрытие кода и функциональное покрытие. Отладка на отладочных платах (JTAG, ILA/SignalTap).
21. Файлы ограничений (XDC/SDC). Статический временной анализ (STA) и его роль.
22. Оптимизация FPGA-проекта по площади, тактовой частоте и энергопотреблению.
23. Генерация битстрима и конфигурация FPGA. Типовые ошибки при прошивке.
24. Высокоуровневый синтез (HLS): принципы, инструменты, сравнение с ручным RTL-проектированием.
25. Современные open-source языки проектирования (Chisel, SpinalHDL). CI/CD для цифрового дизайна. Индустриальные стандарты и требования к RTL-коду.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и	хорошо		71-85

	профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющей (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Мурсаев, А. Х. Практикум по проектированию на языках VerilogHDL и SystemVerilog: учебное пособие для вузов / А. Х. Мурсаев, О. И. Буренева. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 120 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/200474>
2. Ушенина, И. В. Проектирование цифровых устройств на ПЛИС: учебное пособие для вузов / И. В. Ушенина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 408 с. — ISBN 978-5-507-52271-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/412755>

Дополнительная литература:

1. Пухальский, Г. И. Проектирование цифровых устройств: учебное пособие для вузов / Г. И. Пухальский, Т. Я. Новосельцева. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 896 с. — ISBN 978-5-8114-1265-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212219>
2. Основы цифровой схемотехники: учебное пособие. — Тамбов: ТГТУ, 2021. — 84 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/320393>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:
 - САПР для синтеза и имплементации: Xilinx Vivado Design Suite (или Intel Quartus Prime);
 - Симуляторы: ModelSim/QuestaSim, Verilator, Vivado Simulator;
 - Анализ сигналов: GTKWave, ILA/SignalTap Logic Analyzer;
 - Инструменты для RISC-V: GNU Compiler Toolchain (riscv-none-embed), Spike/QEMU (программная верификация);
 - Аппаратная база: отладочные платы на базе Xilinx Artix-7 или Intel Cyclone V/10;
 - Контроль версий и CI: Git, GitLab/GitHub, базовые скрипты автоматизации симуляции.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п. 11.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п. 11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области управления качеством и надёжностью электронных устройств, методологии их испытаний, контроля и статистического анализа для обеспечения соответствия наукоёмкой продукции требованиям стандартов и технической документации.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: современные методы и стандарты испытаний и контроля качества электронных устройств, включая физику отказов, виды испытаний, методы неразрушающего и разрушающего контроля, а также подходы к управлению надёжностью на этапах жизненного цикла, достаточные для формулировки задач разработки с учетом социально-экономического и междисциплинарного подходов. Уметь: формулировать задачи разработки и проектирования систем испытаний и контроля качества на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение проблем с использованием социально-экономического подхода и учетом междисциплинарных аспектов, использовать теоретические и практические методы для достижения поставленных задач, обосновывать выбор методов испытаний и контроля с учетом требований надёжности, безопасности и экономической эффективности. Владеть: навыками формулировки

		задач разработки систем испытаний с учетом междисциплинарных и социально-экономических аспектов, методами проектирования и проведения испытаний электронных устройств, способами интеграции методов контроля качества в производственные процессы, приемами использования автоматизированных систем параметрического контроля, а также навыками обоснования выбора методов испытаний с учетом требований надёжности, безопасности и экономической эффективности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике	Понятие качества и надежности электронных устройств (ЭУ), эволюция тотального управления качеством (TQM), а также сравнительный анализ стандартов ISO

		9001, IATF 16949, AS9100, стандартов IPC и MIL-STD. Рассматриваются инструменты перспективного планирования качества автомобильной компонентной базы (APQP, PPAP) и категории квалификационных испытаний.
2.	Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)	Проектирование с учетом надежности (DFR), математические модели прогнозирования интенсивности отказов (MIL-HDBK-217F, FIDES) и методология проведения анализа видов, последствий и критичности отказов (FMEA/FMECA). Изучаются экономика качества, методы сбора данных об отказах FRACAS и подходы к решению проблем по стандарту 8D.
3.	Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы	Классификация внешних воздействующих факторов и механизмы деградации полупроводниковой электронной компонентной базы (ЭКБ) и паяных соединений. Особое внимание уделяется специфике надежности бессвинцовой пайки (Pb-free), росту нитевидных кристаллов олова (tin whiskers) и методам входного контроля альтернативной российской и китайской ЭКБ.
4.	Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ	Методология и технические средства проведения испытаний на воздействие температурных циклов, термоудара, влажности, соляного тумана, солнечной радиации и плесневых грибов. Рассматриваются принципы работы камер тепла-холода-влаги, а также специфика оценки радиационной стойкости ЭКБ к одиночным эффектам (SEE) и поглощенной дозе (TID).
5.	Механические испытания и динамический анализ конструкций	Теория и практика испытаний ЭУ на воздействие одиночных и многократных механических ударов, линейных ускорений, синусоидальной и широкополосной случайной вибрации (ШСВ). Даются методы определения резонансных частот конструкций с применением современных вибростендов и лазерных доплеровских виброметров.
6.	Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность	Методы измерения уровня излучаемых и кондуктивных помех, а также испытания на устойчивость к электростатическим разрядам (ESD) и импульсным помехам в безэховых и TEM-камерах. Дополнительно изучаются основы тестирования кибербезопасности встроенных систем методами инъекции неисправностей (fault injection) и анализа по сторонним каналам.
7.	Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания	Методология проведения высокоинтенсивных стресс-испытаний (HALT) и стресс-скрининга (HASS) для ускоренного выявления скрытых дефектов структуры. Изучаются математические модели температурно-временной зависимости отказов (модели Аррениуса, Коффина-Мэнсона, Эйринга) для прогнозирования ресурса ЭУ.
8.	Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве	Принципы построения и алгоритмы работы систем автоматической оптической инспекции (AOI) и автоматического рентгеновского контроля (AXI) многослойных печатных узлов и BGA/LGA-компонентов. Рассматриваются методы 3D-томографии и акустической микроскопии (SAM) для обнаружения внутренних дефектов и деламации.

9.	Разрушающий физический анализ и локализация дефектов	Технологии металлографического анализа шлифов паяных соединений, применение растровой электронной микроскопии (РЭМ) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS) для оценки интерметаллических слоев. Включает изучение методов химической декапсуляции микросхем, ИК-термографии и эмиссионной микроскопии (EMMI).
10.	Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC	Методы обеспечения тестопригодности (DFT), технологии периферийного сканирования (Boundary Scan, IEEE 1149.1) и встроенного самотестирования (BIT/BIST). Освещаются подходы к анализу измерительных систем (MSA, Gage R&R) и методы статистического управления процессами (SPC) с расчетом индексов воспроизводимости

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике

Вопросы для обсуждения: Понятие качества и надёжности электронных устройств. Эволюция тотального управления качеством. Сравнительный анализ стандартов ISO 9001, IATF 16949, AS9100, IPC, MIL-STD. Инструменты APQP, PPAP. Категории квалификационных испытаний.

Тема 2: Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)

Вопросы для обсуждения: Проектирование с учётом надёжности. Математические модели прогнозирования отказов (MIL-HDBK-217F, FIDES). Методология FMEA/FMECA. Экономика качества. Система FRACAS. Подход 8D.

Тема 3: Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы

Вопросы для обсуждения: Классификация внешних воздействующих факторов. Механизмы деградации полупроводниковой ЭКБ и паяных соединений. Надёжность бессвинцовой пайки. Проблема роста нитевидных кристаллов олова. Входной контроль альтернативной ЭКБ.

Тема 4: Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ

Вопросы для обсуждения: Методология испытаний на температурные циклы, термоудар, влажность, соляной туман, солнечную радиацию, плесневые грибы. Принципы работы климатических камер. Оценка радиационной стойкости к одиночным эффектам и поглощённой дозе.

Тема 5: Механические испытания и динамический анализ конструкций

Вопросы для обсуждения: Испытания на одиночные и многократные удары, линейные ускорения, синусоидальную и широкополосную случайную вибрацию. Методы определения резонансных частот.

Тема 6: Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность.

Вопросы для обсуждения: Измерение излучаемых и кондуктивных помех. Испытания на устойчивость к электростатическим разрядам и импульсным помехам.

Тема 7: Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания

Вопросы для обсуждения: Методология HALT и HASS. Математические модели температурно-временной зависимости отказов. Прогнозирование ресурса электронных

устройств.

Тема 8: Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве

Вопросы для обсуждения: Принципы работы систем автоматической оптической инспекции и автоматического рентгеновского контроля.

Тема 9: Разрушающий физический анализ и локализация дефектов

Вопросы для обсуждения: Металлографический анализ шлифов. Растровая электронная микроскопия и энергодисперсионная спектроскопия.

Тема 10: Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC

Вопросы для обсуждения: Обеспечение тестпригодности. Периферийное сканирование. Встроенное самотестирование. Анализ измерительных систем.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике

Вопросы для обсуждения: Разработка плана квалификационных испытаний для конкретного электронного узла.

Тема 2: Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)

Вопросы для обсуждения: Расчёт интенсивности отказов по MIL-HDBK-217F. Проведение FMEA-анализа функционального блока.

Тема 3: Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы

Вопросы для обсуждения: Идентификация механизмов деградации по фотографиям разрушенных компонентов.

Тема 4: Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ

Вопросы для обсуждения: Составление программы температурных циклов по заданным пределам. Выбор режимов испытаний на влажность. Оценка радиационной стойкости по справочным данным.

Тема 5: Механические испытания и динамический анализ конструкций

Вопросы для обсуждения: Настройка режимов вибростенда для испытания на случайную вибрацию. Определение резонансных частот по амплитудно-частотной характеристике.

Тема 6: Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность.

Вопросы для обсуждения: Проведение теста на устойчивость к ESD. Анализ спектра излучаемых помех.

Тема 7: Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания

Вопросы для обсуждения: Оценка ресурса изделия по результатам ускоренных испытаний.

Тема 8: Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве

Вопросы для обсуждения: Применение акустической микроскопии для выявления расслоений.

Тема 9: Разрушающий физический анализ и локализация дефектов

Вопросы для обсуждения: Подготовка металлографического шлифа. Идентификация интерметаллических слоёв на РЭМ-изображении.

Тема 10: Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC

Вопросы для обсуждения: Настройка Boundary Scan тестов для цифровой платы.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Квалиметрия, стандартизация и концепции Управление надёжностью на этапах жизненного цикла. Физика отказов, механизмы деградации. Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ. Механические испытания и динамический анализ конструкций. Испытания на электромагнитную совместимость и кибербезопасность. Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания. Методы неразрушающего контроля. Разрушающий физический анализ и локализация дефектов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение

упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Разработка плана квалификационных испытаний. Идентификация механизмов деградации. Составление программ климатических и механических испытаний. Обработка результатов ударных и вибрационных испытаний.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Методы прогнозирования надёжности. Физика отказов ЭКБ. Методики климатических, радиационных и механических испытаний. Принципы электромагнитной совместимости.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине

Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике	ПК-3	Тестирование
Управление надежностью на этапах жизненного цикла (Reliability Engineering)	ПК-3	Тестирование
Физика отказов, механизмы деградации и современные вызовы	ПК-3	Тестирование
Климатические, биологические и радиационные испытания ЭУ	ПК-3	Тестирование
Механические испытания и динамический анализ конструкций	ПК-3	Тестирование
Испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС) и кибербезопасность	ПК-3	Тестирование
Высокоинтенсивный стресс-скрининг и ускоренные испытания	ПК-3	Тестирование
Методы неразрушающего контроля (НДК) при производстве	ПК-3	Тестирование
Разрушающий физический анализ и локализация дефектов	ПК-3	Тестирование
Автоматизированный параметрический контроль и стандарты SPC	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Квалиметрия, стандартизация и концепции TQM в электронике»

1. Что означает аббревиатура TQM?

- а) Total Quality Management
- б) Technical Quality Measurement
- в) Test Quality Method
- г) Time Quality Module

2. Какой стандарт является базовым для систем менеджмента качества?

- а) ISO 9001
- б) IATF 16949
- в) AS9100
- г) IPC-A-610

3. Какой стандарт распространяется на авиационно-космическую промышленность?

- а) ISO 9001
- б) IATF 16949
- в) AS9100
- г) MIL-STD-883

4. Что такое APQP?

- а) Advanced Product Quality Planning
- б) Automated Product Quality Process
- в) Application Performance Quality Plan
- г) Acceptance Product Qualification Procedure

5. Для какой отрасли разработан стандарт IATF 16949?

- а) Авиационная
- б) Автомобильная

- в) Медицинская
- г) Космическая

6. Что такое PPAP?

- а) Production Part Approval Process
- б) Product Performance Assessment Plan
- в) Process Parameter Acceptance Protocol
- г) Periodic Product Audit Procedure

7. Какой из стандартов IPC регламентирует требования к электронным сборкам?

- а) IPC-2221
- б) IPC-A-610
- в) IPC-7351
- г) IPC-J-STD-001

8. Какая категория испытаний проводится на этапе разработки для проверки соответствия техническому заданию?

- а) Квалификационные испытания
- б) Приёмочные испытания
- в) Периодические испытания
- г) Сертификационные испытания

9. Что из перечисленного является инструментом планирования качества в рамках APQP?

- а) FMEA
- б) SPC
- в) MSA
- г) Все перечисленные

10. Какой стандарт определяет требования к паяным соединениям в электронике?

- а) IPC-A-610
- б) IPC-J-STD-001
- в) IPC-2221
- г) MIL-STD-883

11. Что означает «квалиметрия»?

- а) Наука об измерениях
- б) Наука о качестве продукции
- в) Наука о стандартизации
- г) Наука об испытаниях

12. Какой стандарт MIL-STD чаще всего применяется для испытаний электронной компонентной базы?

- а) MIL-STD-810
- б) MIL-STD-883
- в) MIL-STD-461
- г) MIL-STD-202

13. Какой документ фиксирует утверждение поставщика о готовности продукта к серийному производству в рамках PPAP?

- а) Отчёт о квалификации
- б) Сертификат соответствия
- в) Заявление о соответствии продукции (PSW)
- г) Протокол испытаний

14. Что является целью TQM?

- а) Удовлетворение требований потребителя и постоянное улучшение процессов
- б) Снижение себестоимости продукции
- в) Увеличение производительности труда
- г) Автоматизация контроля качества

15. Какая организация разрабатывает стандарты IPC?

- а) Международная организация по стандартизации (ISO)
- б) Ассоциация соединительных электронных отраслей (IPC)
- в) Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE)
- г) Американское общество по качеству (ASQ)

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Понятие качества и надёжности электронных устройств. Эволюция тотального управления качеством.
2. Сравнительный анализ стандартов ISO 9001, IATF 16949, AS9100, IPC, MIL-STD.
3. Инструменты перспективного планирования качества APQP и PPAP. Категории квалификационных испытаний.
4. Проектирование с учётом надёжности. Математические модели прогнозирования интенсивности отказов.
5. Методология анализа видов и последствий отказов. Экономика качества. Система сбора данных об отказах. Подход 8D.
6. Классификация внешних воздействующих факторов. Механизмы деградации полупроводниковой электронной компонентной базы и паяных соединений.
7. Специфика надёжности бессвинцовой пайки. Проблема роста нитевидных кристаллов олова.
8. Методы входного контроля альтернативной российской и китайской электронной компонентной базы.
9. Методология климатических испытаний: температурные циклы, термоудар, влажность, соляной туман, солнечная радиация, плесневые грибы.
10. Принципы работы камер тепла-холода-влаги. Оценка радиационной стойкости электронной компонентной базы к одиночным эффектам и поглощённой дозе.
11. Механические испытания электронных устройств: одиночные и многократные удары, линейные ускорения, синусоидальная и широкополосная случайная вибрация.
12. Методы определения резонансных частот конструкций. Вибростенды, лазерные доплеровские виброметры.
13. Испытания на электромагнитную совместимость: измерение излучаемых и кондуктивных помех, устойчивость к электростатическим разрядам и импульсным помехам.
14. Безэховые и ТЕМ-камеры. Основы тестирования кибербезопасности встроенных систем методами инъекции неисправностей и анализа по сторонним каналам.
15. Методология высокоинтенсивных стресс-испытаний и стресс-скрининга для ускоренного выявления скрытых дефектов. Математические модели прогнозирования ресурса.
16. Принципы построения и алгоритмы работы систем автоматической оптической инспекции и автоматического рентгеновского контроля.
17. Методы 3D-томографии и акустической микроскопии для обнаружения внутренних дефектов и деламинации.
18. Технологии металлографического анализа шлифов. Применение растровой электронной микроскопии и энергодисперсионной спектроскопии.
19. Методы химической декапсуляции микросхем, инфракрасная термография, эмиссионная микроскопия.
20. Методы обеспечения тестопригодности. Периферийное сканирование, встроенное самотестирование. Анализ измерительных систем. Статистическое управление процессами, индексы воспроизводимости.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивный	Изложение в	удовлетв		55-70

творительный (достаточный)	ая деятельность	пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	орительный		
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Захаров, Ю. В. Качество и надежность электронных средств: учебное пособие / Ю. В. Захаров. — Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2018. — 164 с. — ISBN 978-5-8158-1981-8. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=414999>

Дополнительная литература:

1. Борздов, В. М. Физика отказов полупроводниковых приборов и интегральных схем: пособие для студентов учреждений высшего образования / В. М. Борздов, В. М. Молофеев, А. Н. Сетун; Белорусский государственный университет. — Минск: БГУ, 2015. — 156 с. — ISBN 978-985-566-170-3.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:

NI TestStand: автоматизация и управление последовательностью выполнения

функциональных тестов электронных систем;
ANSYS Sherlock: виртуальная квалификация электронной компонентной базы и моделирование термомеханической усталости паяных соединений;
JTAG ProVision: разработка и симуляция тестов периферийного сканирования печатных узлов по стандарту IEEE 1149.1;
Python (библиотека reliability): статистический анализ данных о надежности, расчет параметров распределения Вейбулла и прогнозирование отказов.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Стандартизация и технические измерения в электронике».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области стандартизации, метрологического обеспечения и технических измерений электронных устройств, необходимых для обеспечения качества, взаимозаменяемости и соответствия продукции требованиям нормативной документации в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: нормативно-правовые основы стандартизации, метрологии и технических измерений в радиоэлектронике, методы оценки погрешностей и неопределённости измерений, а также принципы метрологического сопровождения производства и испытаний электронных устройств. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при проведении испытаний, применять специальное измерительное оборудование для контроля параметров электронных устройств и выполнять измерения в рамках ускоренных испытаний. Владеть: навыками составления программ испытаний, разработки документации на испытательную оснастку, статистической обработки результатов измерений, а также методами контроля качества и технического аудита с использованием современных измерительных комплексов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Стандартизация и технические измерения в электронике»

представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств	Нормативно-правовая база РФ и международные стандарты (IPC, ISO, IEC) в электронной промышленности. Требования стандартов IPC-6011 и IPC-A-610 к проектированию, производству и критериям качества печатных плат и электронных модулей.
2.	Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике	Выбор измерительного оборудования по точностным характеристикам на основе метрологического запаса. Практические процедуры калибровки, поверки и межлабораторных сличений средств измерений, правила интерпретации результатов поверки в инженерной практике.
3.	Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства	Метрологический контроль при выводе нового продукта на рынок (NPI) и проектировании с учетом требований сборки (DFMA). Процедуры согласования производства автомобильной электроники (PPAP) и аттестация измерительных каналов.
4.	Анализ погрешностей и современные методы оценки неопределенности измерений	Классификация погрешностей в электронном эксперименте и расчет неопределенности по руководству GUM. Применение моделирования методом Монте-Карло для оценки сложных неопределенностей и байесовских подходов для анализа редких событий и отказов.

5.	Метрология цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов	Измерение тока, напряжения, мощности и импеданса в условиях кондуктивных помех и электромагнитных наводок. Методы прецизионных измерений слаботочных сигналов, фильтрация синфазных и дифференциальных помех, заземление и экранирование.
6.	Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)	Принципы планирования и проведения высокоинтенсивных термомеханических испытаний (HALT) и стресс-скрининга (HASS). Измерительный контроль параметров ЭКБ в процессе климатических воздействий, оценка интенсивности отказов и прогнозирование надежности.
7.	Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах	Анализ целостности сигналов (Signal Integrity) и питания (Power Integrity) с помощью цифровых фазовых осциллографов. Измерение джиттера, построение глазковых диаграмм (Eye Diagrams), применение векторных анализаторов цепей (VNA) в СВЧ-диапазоне.
8.	Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии	Архитектура автоматизированных систем тестирования (ATE) на базе магистрально-модульных стандартов PXIe, AXIe и сетевого интерфейса LXI. Программное управление по VISA, применение генеративного ИИ для автоматического создания скриптов тестовых последовательностей.
9.	Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)	Применение контрольных карт Шухарта для оценки стабильности технологических процессов сборки электроники. Проведение процедур MSA (метод Gage R&R, оценка смещения и линейности) для подтверждения пригодности измерительных систем.
10.	Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит	Методы автоматического оптического (AOI) и рентгеновского (AXI) контроля печатных узлов, внутрисхемное (ICT) и периферийное тестирование. Системы прослеживаемости (Traceability) компонентов и процессов, требования отраслевых стандартов IATF 16949 и AS9100.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств.

Вопросы для обсуждения: Роль стандартизации в обеспечении качества. Основные стандарты электронной промышленности. Влияние стандартов на проектирование и производство.

Тема 2: Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике
Вопросы для обсуждения: Эталонная база и поверка средств измерений. Обеспечение точности и воспроизводимости результатов.

Тема 3: Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства
Вопросы для обсуждения: Требования к измерениям на этапах разработки и запуска производства. Квалификационные испытания.

Тема 4: Анализ погрешностей и современные методы оценки неопределенности измерений
Вопросы для обсуждения: Классификация погрешностей. Методы оценки неопределённости. Основы статистической обработки.

Тема 5: Метрология цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов
Вопросы для обсуждения: Измерение параметров источников питания. Контроль аналоговых сигналов.

Тема 6: Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)
Вопросы для обсуждения: Физика отказов. Методы ускоренных испытаний. Оценка надёжности.

Тема 7: Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах
Вопросы для обсуждения: Измерение целостности сигналов. Методы контроля высокочастотных параметров.

Тема 8: Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии
Вопросы для обсуждения: Современные измерительные платформы. Применение ИИ для обработки и анализа данных.

Тема 9: Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)
Вопросы для обсуждения: Основы SPC и MSA. Применение для контроля стабильности производства.

Тема 10: Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит
Вопросы для обсуждения: Прослеживаемость продукции. Методы контроля и аудита на производственных этапах.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств.
Вопросы для обсуждения: Анализ требований стандартов. Применение к конкретным устройствам.

Тема 2: Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике
Вопросы для обсуждения: Калибровка средств измерений. Оценка точности.

Тема 3: Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства
Вопросы для обсуждения: Разработка плана измерений. Проведение квалификационных испытаний.

Тема 4: Анализ погрешностей и современные методы оценки неопределенности измерений
Вопросы для обсуждения: Расчёт погрешностей. Оценка неопределённости. Статистическая обработка.

Тема 5: Метрология цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов
Вопросы для обсуждения: Измерение параметров. Оценка качества питания.

Тема 6: Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)
Вопросы для обсуждения: Планирование ускоренных испытаний. Анализ результатов.

Тема 7: Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах
Вопросы для обсуждения: Измерение параметров сигналов. Анализ целостности.

Тема 8: Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии
Вопросы для обсуждения: Настройка измерительных систем. Применение ИИ-методов.

Тема 9: Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)

Вопросы для обсуждения: Оценка стабильности процессов. Анализ измерительных систем.

Тема 10: Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит

Вопросы для обсуждения: Организация контроля. Проведение аудита. Обеспечение прослеживаемости.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам:
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень

освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Техническое регулирование и стандартизация в жизненном цикле электронных средств	ПК-3	Тестирование
Практические аспекты обеспечения единства измерений в радиоэлектронике	ПК-3	Тестирование
Метрологическое обеспечение на этапах NPI, DFMA и квалификации производства	ПК-3	Тестирование
Анализ погрешностей и современные методы оценки неопределенности измерений	ПК-3	Тестирование
Метрология цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов	ПК-3	Тестирование
Метрологическое обеспечение надежности и ускоренные испытания (HALT/HASS)	ПК-3	Тестирование
Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах и СВЧ-трактах	ПК-3	Тестирование
Автоматизация измерений, модульные системы PXIe/AXIe/LXI и ИИ-технологии	ПК-3	Тестирование
Статистическое управление процессами (SPC) и анализ измерительных систем (MSA)	ПК-3	Тестирование
Контроль качества на производстве, Traceability и технический аудит	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по дисциплине «Стандартизация и технические измерения в электронике»

1. Что является объектом стандартизации в электронике?

- а) Продукция, процессы, услуги
- б) Только готовая продукция
- в) Только измерительное оборудование
- г) Только нормативная документация

2. Какой документ устанавливает обязательные требования к продукции в России?

- а) Стандарт организации (СТО)
- б) Технический регламент
- в) Национальный стандарт ГОСТ Р
- г) Технические условия (ТУ)

3. Какой принцип лежит в основе обеспечения единства измерений?

- а) Использование только цифровых приборов
- б) Трассируемость результатов к государственным эталонам
- в) Применение поверки только импортных приборов
- г) Отсутствие погрешностей

4. Что такое метрологическая прослеживаемость?

- а) Возможность связать результат измерения с эталоном через калибровку
- б) Возможность повторного измерения
- в) Наличие паспорта на прибор
- г) Поверка прибора раз в год

5. Какой документ регламентирует правила проведения поверки средств измерений в РФ?

- а) ГОСТ Р ИСО 9001
- б) Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений»
- в) СанПиН
- г) Технический регламент Таможенного союза

6. Что такое погрешность измерения?

- а) Отклонение результата измерения от истинного значения
- б) Чувствительность прибора
- в) Разрешающая способность
- г) Время установления показаний

7. Как называется погрешность, остающаяся после исключения систематической составляющей?

- а) Абсолютная
- б) Относительная
- в) Случайная
- г) Инструментальная

8. Какой параметр характеризует разброс результатов при многократных измерениях?

- а) Систематическая погрешность
- б) Случайная погрешность
- в) Грубая погрешность (промах)
- г) Класс точности

9. Как расшифровывается аббревиатура SPC в контексте управления качеством?

- а) Statistical Process Control
- б) Standard Product Certification
- в) Serial Protocol Converter
- г) System Performance Check

10. Что такое неопределённость измерений?

- а) Погрешность, выраженная в виде доверительного интервала
- б) Абсолютное значение ошибки
- в) Класс точности прибора
- г) Разрешающая способность измерительной системы

11. Какой метод статистического контроля применяется для анализа стабильности технологического процесса?

- а) Контрольные карты Шухарта
- б) Диаграмма Парето
- в) Метод «точно вовремя»
- г) Функционально-стоимостный анализ

12. Как называется эталон, обеспечивающий хранение и воспроизведение единицы физической величины с наивысшей точностью?

- а) Рабочий эталон

- б) Государственный первичный эталон
- в) Вторичный эталон
- г) Эталон сравнения

13. Какая организация в РФ уполномочена утверждать государственные первичные эталоны?

- а) Ростехнадзор
- б) Росстандарт
- в) Министерство промышленности и торговли
- г) Российская академия наук

14. Что такое поверка средств измерений?

- а) Совокупность операций, подтверждающих соответствие прибора метрологическим требованиям
- б) Ремонт прибора
- в) Настройка прибора пользователем
- г) Юстировка прибора

15. Какую информацию несёт класс точности средства измерения?

- а) Пределы допускаемой погрешности
- б) Стоимость прибора
- в) Гарантийный срок
- г) Производителя

16. Какой параметр сигнала измеряется с помощью осциллографа в режиме реального времени?

- а) Частота
- б) Форма сигнала и временные параметры
- в) Спектральная плотность
- г) Полное сопротивление

17. Какой прибор предназначен для измерения параметров цепей (сопротивления, индуктивности, ёмкости) на переменном токе?

- а) Мультиметр
- б) LCR-метр
- в) Частотомер
- г) Логический анализатор

18. Что такое калибровка средства измерения?

- а) Определение действительных значений метрологических характеристик без утверждения годности
- б) Поверка прибора
- в) Юстировка прибора
- г) Ремонт прибора

19. Какая из перечисленных величин является основной в системе СИ?

- а) Сила
- б) Давление
- в) Электрическое сопротивление
- г) Сила тока

20. Какой стандарт устанавливает требования к системам менеджмента качества?

- а) ISO 9001
- б) ISO 14001
- в) ISO 45001
- г) ISO 50001

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи дисциплины. Роль стандартизации и технических измерений в обеспечении качества электронных устройств.
2. Система технического регулирования в Российской Федерации. Технические регламенты и их значение.
3. Национальная система стандартизации. Виды стандартов и их применение в электронике.
4. Международная стандартизация. Стандарты ISO, IEC, IPC в области электронной промышленности.
5. Обеспечение единства измерений: цели, принципы, нормативно-правовая база.
6. Государственная метрологическая служба. Государственный метрологический надзор.
7. Эталоны и поверочные схемы. Государственные первичные эталоны.
8. Классификация средств измерений. Метрологические характеристики.
9. Погрешность измерений: определение, классификация (систематическая, случайная, грубая).
10. Методы обработки результатов многократных измерений. Оценка случайной погрешности.
11. Неопределённость измерений. Подходы к оцениванию неопределённости (тип А и тип Б).
12. Поверка и калибровка средств измерений. Отличия и порядок проведения.
13. Метрологическое обеспечение этапов разработки и производства электронных средств (NPI, DFMA, квалификация производства).
14. Измерение параметров цепей питания и низкочастотных аналоговых трактов.
15. Измерения в высокоскоростных цифровых устройствах. Осциллографы, логические анализаторы, пробники.
16. Измерения в СВЧ-трактах. Векторные анализаторы цепей, рефлектометры.
17. Автоматизация измерений. Модульные измерительные системы PXIe, AXIe, LXI.
18. Программное обеспечение для автоматизации измерений (LabVIEW, Python, специальные драйверы). Применение ИИ-технологий.
19. Статистическое управление процессами (SPC). Контрольные карты Шухарта, индексы воспроизводимости Cp, Cpk.
20. Анализ измерительных систем (MSA). Методика Gage R&R и её применение.
21. Метрологическое обеспечение ускоренных испытаний (HALT/HASS). Измерение параметров в процессе испытаний.
22. Контроль качества на производстве: входной, операционный, приёмочный. Способы и средства.
23. Прослеживаемость (traceability) результатов измерений. Документальное оформление.
24. Технический аудит системы менеджмента качества и метрологического обеспечения. Основные этапы.
25. Современные тенденции в области стандартизации и технических измерений в электронике (цифровые двойники, интеллектуальные сенсоры, удалённая калибровка).

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий	отлично	зачтено	86-100

		уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большой степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Клаассен, К. Б. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: учебное пособие / К. Б. Клаассен; перевод с английского Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. – 4-е изд. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2026. – 352 с. – ISBN 978-5-91559-125-6. – Текст: электронный // Znaniy: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znaniy.ru/catalog/document?id=477387>
2. Лютиков, И. В. Метрология и радиоизмерения: учебник / И. В. Лютиков, Д. С. Викторов, В. А. Цветков; под общей редакцией Д. С. Викторова; Сибирский федеральный университет. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. – 508 с. – ISBN 978-5-7638-3477-2. – Текст: электронный // Znaniy: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znaniy.com/catalog/document?id=328490>

Дополнительная литература:

1. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Практикум. В 2 томах. Том 1: учебное пособие для вузов / Н. А. Волошина, О. В. Филипович, Н. А. Балакина, Г. Н. Гришко. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2026. – 192 с. – ISBN 978-5-507-54583-4. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://lanbook.com/catalog/selskoe-lesnoe-i-rybnoe-khozyaystvo/vzaimozamenyaemost-standartizatsiya-i-tekhnicheskie-izmereniya-praktikum-v-2-tomakh-tom-1/>
2. Метрологическое обеспечение разработки, производства и испытаний продукции: учебное пособие. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://lanbook.com/catalog/discipline/metrologicheskoe-obespechenie-razrabotki-proizvodstva-i-ispytaniy-produktsii/>
3. IPC-A-610H. Acceptability of Electronic Assemblies [Электронный ресурс] / IPC — Association Connecting Electronics Industries. — Режим доступа: <https://www.ipc.org>
4. Keysight Technologies Применение векторных анализаторов цепей и осциллографов для анализа Signal Integrity. Руководства по применению (Application Notes) [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.keysight.com>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.
- Специализированное:

- Среда автоматизации измерений и разработки АТЕ: National Instruments LabVIEW для создания виртуальных приборов и управления модульными системами PXIe/LXI;
- Средства программного управления измерительным оборудованием: библиотеки Python (PyVISA, InstrumentKit) для написания автоматизированных скриптов тестирования;
- Инструменты промышленного статистического анализа, SPC и MSA: программные пакеты Minitab и JMP для расчета Gage R&R и построения контрольных карт;
- Средства анализа целостности высокоскоростных сигналов и СВЧ: Keysight PathWave Design (ADS) и Ansys SIwave/HFSS для численного моделирования волнового сопротивления и SI/PI;
- Пакеты сквозного проектирования и первичного SI-анализа: встроенные инструменты Altium Designer (Signal Integrity) для верификации топологии печатных плат;
- Программное обеспечение периферийного сканирования: JTAG ProVision для разработки тестов межсоединений на уровне печатных плат по стандарту IEEE 1149.1.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний в области правовых, организационных и технических основ промышленной безопасности и охраны труда, а также практических навыков управления профессиональными рисками, безопасной эксплуатации производственного оборудования, организации безопасных условий труда на предприятиях наукоёмких производств в соответствии с требованиями Трудового кодекса РФ и Федерального закона № 116-ФЗ.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: требования нормативно-правовых актов (ТК РФ, ФЗ-116) к составлению программ испытаний и оформлению конструкторской и технологической документации на испытательную оснастку; правила безопасной эксплуатации специального оборудования, применяемого при проведении испытаний; порядок учета опасных факторов при разработке документации и программ испытаний. Уметь: работать с конструкторской и технологической документацией при подготовке и проведении испытаний, обеспечивая соблюдение требований промышленной безопасности и охраны труда; составлять программы испытаний разрабатываемых изделий и разрабатывать документацию на оснастку с учётом безопасных методов и приёмов работы; применять специальное оборудование для испытаний в соответствии с правилами безопасности.

		Владеть: навыками чтения и анализа конструкторской и технологической документации на предмет её соответствия нормам безопасности при испытаниях; приёмами работы со специальным испытательным оборудованием с соблюдением требований охраны труда; методами оформления программ испытаний и документации на оснастку, включая разделы по безопасности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	Изучение раздела X Трудового кодекса РФ, прав и обязанностей работодателя и работника, государственного надзора в сфере охраны труда.
2.	Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	Требования Федерального закона № 116-ФЗ к эксплуатации опасных производственных объектов, лицензированию и экспертизе промышленной безопасности.
3.	Управление	Практические методы идентификации опасностей,

	профессиональными рисками	оценки уровней профессиональных рисков и разработки карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
4.	Безопасность производственного оборудования и технологий	Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением; организация производственного контроля и технического диагностирования.
5.	Организация охраны труда на предприятии	Разработка локальных нормативных актов, положение о СУОТ, порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ).
6.	Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	Виды инструктажей, порядок обучения требованиям охраны труда, документальное оформление и контроль знаний работников.
7.	Средства индивидуальной и коллективной защиты	Нормы выдачи СИЗ, правила выбора и эксплуатации, обеспечение работников сертифицированными средствами защиты.
8.	Пожарная безопасность и действия в ЧС	Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности, системы противопожарной защиты, планы ликвидации аварий.
9.	Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности	Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности, профилактика инцидентов.
10.	Расследование и учёт несчастных случаев на производстве	Порядок расследования микротравм и несчастных случаев, оформление актов по форме Н-1, анализ причин и профилактика повторных случаев.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Раздел X Трудового кодекса РФ. Права и обязанности работодателя и работника в области охраны труда. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Ответственность за нарушение требований охраны труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов. Лицензирование деятельности. Экспертиза промышленной безопасности.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Методы идентификации опасностей на рабочих местах. Оценка уровней профессиональных рисков. Разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда. Мероприятия по снижению рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением. Организация производственного контроля. Техническое

диагностирование оборудования. Остановка и ремонт.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ). Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Виды инструктажей по охране труда (вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой). Порядок обучения требованиям охраны труда. Проверка знаний. Документальное оформление.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Нормы выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ). Правила выбора и эксплуатации СИЗ. Обеспечение работников сертифицированными средствами защиты. Средства коллективной защиты на производстве.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты (сигнализация, оповещение, пожаротушение). Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности. Профилактика инцидентов. Документальное оформление обращения с отходами.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве. Оформление актов по форме Н-1. Анализ причин несчастных случаев. Профилактика повторных случаев.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Анализ конкретных статей ТК РФ. Разбор ситуационных задач по правам и обязанностям работника и работодателя. Составление локального акта по охране труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Идентификация опасных производственных объектов по признакам. Разработка перечня лицензируемых видов деятельности. Экспертиза промышленной безопасности: практические примеры.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Проведение идентификации опасностей на рабочем месте по чек-листу. Оценка рисков по методике Минтруда. Составление карты рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Анализ паспортов оборудования на предмет требований безопасности. Разработка производственного регламента. Порядок проведения технического диагностирования.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка положения о СУОТ для условного предприятия. Заполнение карты СОУТ. Планирование мероприятий по улучшению условий труда.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Составление графика инструктажей. Разработка программы вводного инструктажа. Оформление журнала регистрации инструктажей. Проведение учебной проверки знаний.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Подбор СИЗ по типовым нормам. Оценка сертификатов

соответствия. Организация хранения и учета СИЗ. Проектирование систем коллективной защиты.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Определение категории помещения по взрывопожароопасности. Разработка плана эвакуации. Отработка действий при условном пожаре. Заполнение журнала противопожарных мероприятий.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Классификация отходов производства по классам опасности. Разработка инструкции по обращению с отходами. Заполнение паспортов отходов.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Анализ реальных актов Н-1. Проведение учебного расследования несчастного случая. Заполнение бланка извещения и акта. Разработка профилактических мероприятий.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ). Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116). Управление профессиональными рисками. Безопасность производственного оборудования и технологий. Организация охраны труда на предприятии. Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала. Средства индивидуальной и коллективной защиты. Пожарная безопасность и действия в ЧС. Обращение с промышленными отходами. Расследование и учёт несчастных случаев на производстве.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ статей ТК РФ и решение ситуационных задач. Идентификация опасных производственных объектов. Оценка профессиональных рисков и составление карт рисков. Анализ требований безопасности к оборудованию. Разработка положения о СУОТ и заполнение карт СОУТ. Составление программ инструктажей. Подбор СИЗ по типовым нормам. Определение категорий помещений по пожарной безопасности. Классификация отходов и разработка инструкций. Проведение учебного расследования несчастного случая.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Права и обязанности работодателя и работника. Лицензирование опасных производственных объектов. Методы оценки профессиональных рисков. Производственный контроль оборудования. Специальная оценка условий труда. Виды инструктажей и порядок их проведения. Нормы выдачи СИЗ. Категории взрывопожароопасности помещений. Классы опасности отходов. Порядок расследования и оформления несчастных случаев.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное

время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	ПК-3	Тестирование
Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	ПК-3	Тестирование
Управление профессиональными рисками	ПК-3	Тестирование
Безопасность производственного оборудования и технологий	ПК-3	Тестирование
Организация охраны труда на предприятии	ПК-3	Тестирование
Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	ПК-3	Тестирование
Средства индивидуальной и коллективной защиты	ПК-3	Тестирование
Пожарная безопасность и действия в ЧС	ПК-3	Тестирование
Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности	ПК-3	Тестирование

Расследование и учёт несчастных случаев на производстве	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Тест по теме «Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)»

1. Какой раздел Трудового кодекса РФ непосредственно посвящён охране труда?

- а) Раздел III «Трудовой договор»
- б) Раздел X «Охрана труда»
- в) Раздел VII «Гарантии и компенсации»
- г) Раздел XII «Особенности регулирования труда отдельных категорий работников»

2. Кто обязан обеспечивать безопасные условия и охрану труда в организации?

- а) Работник
- б) Профсоюзная организация
- в) Работодатель
- г) Государственная инспекция труда

3. Какая статья ТК РФ устанавливает обязанности работника в области охраны труда?

- а) Статья 212
- б) Статья 214
- в) Статья 219
- г) Статья 225

4. Что из перечисленного является обязанностью работодателя согласно ТК РФ?

- а) Самостоятельно расследовать несчастный случай без комиссии
- б) Обеспечить режим труда и отдыха работников по своему усмотрению
- в) Проводить специальную оценку условий труда
- г) Отказать работнику в выдаче средств индивидуальной защиты

5. Какое право имеет работник в области охраны труда в соответствии с ТК РФ?

- а) Работать без прохождения обязательных медицинских осмотров
- б) Отказаться от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья
- в) Не сообщать работодателю о несчастном случае
- г) Самостоятельно приостанавливать производственную деятельность

6. Какой орган осуществляет государственный надзор за соблюдением трудового законодательства?

- а) Прокуратура
- б) Федеральная налоговая служба
- в) Федеральная инспекция труда (Роструд)
- г) Министерство здравоохранения

7. За нарушение требований охраны труда работодатель может быть привлечён к:

- а) Только дисциплинарной ответственности
- б) Только гражданско-правовой ответственности
- в) Административной, уголовной и материальной ответственности
- г) Только уголовной ответственности

8. Что является основанием для проведения внеплановой проверки государственной инспекцией труда?

- а) Истечение планового периода проверки
- б) Поступление жалобы работника на нарушение его трудовых прав
- в) Желание работодателя пройти проверку
- г) Окончание календарного года

9. В каком случае работник вправе пройти обучение по охране труда за счёт

работодателя?

- а) Всегда по желанию работника
- б) Только при трудоустройстве
- в) При приёме на работу, а также в процессе трудовой деятельности
- г) Только при увольнении

10. Какая статья ТК РФ регламентирует проведение специальной оценки условий труда?

- а) Статья 212
- б) Статья 214
- в) Статья 219
- г) Статья 225

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Раздел X Трудового кодекса РФ. Основные права и обязанности работодателя в области охраны труда.
2. Обязанности работника по соблюдению требований охраны труда согласно ТК РФ.
3. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Роль Федеральной инспекции труда.
4. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов.
5. Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности и экспертиза промышленной безопасности.
6. Управление профессиональными рисками на предприятии. Методы идентификации опасностей.
7. Оценка уровней профессиональных рисков и разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
8. Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов и сосудов под давлением.
9. Организация производственного контроля и техническое диагностирование оборудования.
10. Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ).
11. Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.
12. Виды инструктажей по охране труда: вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой.
13. Порядок обучения требованиям охраны труда и проверки знаний персонала. Документальное оформление.
14. Средства индивидуальной защиты (СИЗ). Нормы выдачи, правила выбора, эксплуатации и учета.
15. Средства коллективной защиты на производстве. Классификация и требования к их применению.
16. Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты.
17. Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.
18. Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке промышленных отходов I–IV классов опасности.
19. Профилактика инцидентов при обращении с отходами. Документальное оформление.
20. Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве.
21. Оформление актов о несчастном случае по форме Н-1. Сроки и ответственные лица.
22. Анализ причин несчастных случаев на производстве. Разработка профилактических мероприятий.

23. Ответственность работодателя и должностных лиц за нарушение требований промышленной безопасности и охраны труда.
24. Права работника на отказ от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья.
25. Планирование мероприятий по улучшению условий труда и снижению профессиональных рисков.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно 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. Бекиров, Ш. Н. Организация охраны труда на производстве и в социальной сфере: система управления охраной труда: учебное пособие для вузов / Ш. Н. Бекиров, М. С. Джиляджи. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 244 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439910>
2. Семенов, В. В. Охрана труда и пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие для вузов / В. В. Семенов, А. А. Петручик, Г. К. Ивахнюк. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-507-47059-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323099>
3. Наумова, Т. В. Безопасность жизнедеятельности. Теория, вопросы и задачи: учебное пособие / Т. В. Наумова, О. Г. Феоктистова, И. Н. Мерзликин. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-9729-1606-1. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=452599>
4. Специальная оценка условий труда: учебное пособие. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-3850-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>
5. Пачурин, Г. В. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: учебное пособие / Г. В. Пачурин, Н. И. Щенников, Т. И. Курагина, А. А. Филиппов. — 3-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

Дополнительная литература

Васильев, С. И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1 / С. И. Васильев, Л. Н. Горбунова. — Красноярск: СФУ, 2012. — 502 с. — ISBN 978-5-7638-2320-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система.

Нормативно-правовые акты

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 06.04.2024). — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683
2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15780/

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,

необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Дизайн наноматериалов»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

**Направленность (профиль) образовательной программы:
Физика высоких технологий**

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Введение в физическую химию»
 - 4.2. Программа дисциплины «Микроскопия микро- и наноструктур»
 - 4.3. Программа дисциплины «Функциональные наноматериалы. Виды и свойства»
 - 4.4. Программа дисциплины «Синтез наноматериалов»
 - 4.5. Программа дисциплины «Дифракционные методы исследования»
 - 4.6. Программа дисциплины «Методы исследования элементного и химического состава»
 - 4.7. Программа дисциплины «Методы оптической спектроскопии»
 - 4.8. Программа дисциплины «Физические основы приборостроения»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Дизайн наноматериалов»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Осваивать фундаментальные понятия и законы физической химии, необходимые для анализа и направленного синтеза материалов с заданными свойствами.
- Изучать методы микроскопии микро- и наноструктур для визуализации и контроля морфологии и размера объектов.
- Формировать знания о классификации, структуре и свойствах функциональных наноматериалов.
- Осваивать основные технологические подходы к синтезу наноматериалов и управлению их характеристиками.
- Изучать дифракционные методы исследования для определения кристаллической структуры, фазового состава и текстуры материалов.
- Осваивать методы исследования элементного и химического состава для количественного и качественного анализа.
- Формировать навыки применения методов оптической спектроскопии для изучения электронной структуры, дефектов и оптических свойств материалов.
- Изучать физические основы приборостроения для интеграции разработанных материалов в реальные приборы и системы.
- Развивать способность интегрировать знания из разных областей для дизайна материалов с заданным комплексом свойств для наукоёмких производств.
- Формировать практические навыки работы на современном аналитическом и технологическом оборудовании для синтеза, характеристики и испытаний материалов.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: фундаментальные физико-химические основы синтеза, структуры и свойств наноматериалов, а также современные методы их исследования и анализа, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования характеристик наноматериалов в зависимости от условий синтеза и требований приложений. Уметь: формулировать проблемы, ставить и решать задачи разработки технологий синтеза и применения наноматериалов на основе фундаментальных знаний,

		описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов их получения и применения с учётом требований конкретных технологий, выбирать методы исследования и анализа для оценки свойств. Владеть: навыками разработки технологических подходов к синтезу наноматериалов, методами исследования их структуры, состава и свойств, способами интерпретации результатов анализа для оптимизации синтеза, приемами прогнозирования поведения наноматериалов в различных условиях, а также навыками применения физических принципов приборостроения для решения задач материаловедения.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: современные методы синтеза, исследования и анализа наноматериалов, их структуру, свойства и области применения, а также физико-химические основы их получения, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач и разработки технологических требований к средствам и методам в конкретных приложениях. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области наноматериалов, разрабатывать технологические требования к используемым методам синтеза и исследования в конкретных приложениях, обосновывать выбор методов синтеза и анализа для достижения заданных свойств и характеристик наноматериалов. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов синтеза и исследования наноматериалов, способами разработки технологических требований к методам синтеза и анализа, приемами выбора оптимальных подходов для конкретных приложений, методами микроскопии,

		дифракции, элементного анализа и оптической спектроскопии для контроля свойств, а также навыками интеграции физико-химических знаний для разработки наукоемких решений в различных сферах жизнедеятельности.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: современные методы синтеза, исследования и анализа наноматериалов, их структуру, свойства и области применения, а также физико-химические основы их получения и методы приборостроения, достаточные для формулировки задач разработки с учетом социально-экономического и междисциплинарного подходов. Уметь: формулировать задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение проблемы с использованием социально-экономического подхода и учетом междисциплинарных аспектов, использовать теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, обосновывать решения с учетом экономической эффективности и социальной значимости. Владеть: навыками формулировки задач разработки наноматериалов с учетом междисциплинарных и социально-экономических аспектов, методами проектирования и разработки с использованием комплексного подхода, способами интеграции физико-химических знаний для создания решений, приемами использования теоретических и практических подходов для достижения целей разработки, а также навыками обоснования выбора методов и технологий с учетом их экономической эффективности и социальной значимости.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Введение в физическую химию».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических закономерностях протекания химических процессов, термодинамических и кинетических основах химических реакций, а также практических навыков применения физико-химических методов для анализа, синтеза и контроля свойств материалов, используемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоёмких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: фундаментальные концепции физической химии, современные экспериментальные методы и приборное обеспечение, методологию проведения физико-химических измерений, методы обработки и интерпретации данных, а также подходы к валидации и статистическому контролю результатов, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоёмких задач и разработки технологических требований в конкретных приложениях. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоёмких задач на основе физико-химических знаний, разрабатывать технологические требования к используемым методам и средствам измерений в конкретных приложениях, обосновывать выбор экспериментальных подходов и приборного обеспечения для достижения требуемой точности и достоверности результатов. Владеть: навыками проведения физико-химических измерений с использованием современного оборудования, методами обработки

		и интерпретации экспериментальных данных, способами валидации и статистического контроля результатов, приемами разработки технологических требований к методам и средствам измерений, а также навыками применения физико-химических методов для решения наукоемких задач в различных сферах.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Введение в физическую химию» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы дисциплины	Предмет и задачи физической химии. Роль химической термодинамики и кинетики. Связь с общей химией, физикой и материаловедением.
2.	Базовые концепции	Термодинамические системы, параметры состояния. Первое и второе начала термодинамики. Понятие о химическом потенциале. Основы химической кинетики: скорость реакции, закон действующих масс, энергия активации.
3.	Экспериментальные методы физической химии	Калориметрия, методы измерения скорости реакций. Спектроскопические методы (УФ, ИК,

		Раман). Хроматографические методы анализа.
4.	Современное приборное обеспечение	УФ-видимые и ИК-спектрометры, газовые и жидкостные хроматографы, масс-спектрометры, калориметры. Применение для термодинамических и кинетических исследований.
5.	Методология эксперимента и обработка результатов	Планирование физико-химического эксперимента. Выбор методики и оборудования. Статистическое планирование измерений, оценка погрешностей.
6.	Обработка и интерпретация данных	Расчёт изменений энтальпии, энтропии, энергии Гиббса. Обработка кинетических кривых, определение порядка реакции и константы скорости.
7.	Проведение физико-химических измерений	Определение констант равновесия спектрофотометрическим методом. Исследование скорости реакции методом начальных скоростей. Построение фазовых диаграмм.
8.	Валидация и статистический контроль	Сравнение с литературными данными. Статистические критерии (F-тест, t-тест). Оценка воспроизводимости, прецизионности и правильности результатов.
9.	Современные технологии	Обзор современных вычислительных методов (основы квантово-химического моделирования, ознакомительный уровень). Перспективы применения цифровых технологий и элементов искусственного интеллекта в химической кинетике.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы дисциплины

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи физической химии. Место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и наукоёмкими технологиями. Основные методы физико-химических исследований. Термодинамический и статистический подходы.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия химической термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса. Первое, второе и третье начала термодинамики. Термохимия. Закон Гесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Классификация физико-химических методов анализа. Хроматография, масс-спектрометрия. Потенциометрия, кондуктометрия. Принципы выбора метода.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Устройство и принцип работы спектрофотометра, хроматографа, масс-спектрометра. Автоматизация измерений. Цифровая регистрация данных.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Планирование физико-химического эксперимента. Выбор условий измерения. Подготовка проб. Калибровка приборов. Первичная обработка данных.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Графические и аналитические методы обработки. Линеаризация зависимостей. Определение параметров уравнений (констант, коэффициентов). Оценка погрешностей и неопределённостей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Измерение тепловых эффектов (калориметрия). Измерение электропроводности и ЭДС. Измерение pH. Спектральные измерения. Кинетические измерения.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Валидация методик измерений. Статистический контроль качества результатов. Анализ точности и воспроизводимости. Контрольные карты. Оценка неопределённости.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Автоматизация физико-химического эксперимента. Использование компьютерного моделирования. Высокопроизводительный скрининг. Применение роботизированных систем. Искусственный интеллект в обработке данных.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Работа с учебной и справочной литературой. Размерности физико-химических величин. Составление таблиц термодинамических данных.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на закон Гесса и расчёт тепловых эффектов. Расчёт изменения энтропии и энергии Гиббса. Определение направления процесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Выбор метода для конкретной задачи (идентификация вещества, измерение концентрации, определение термодинамических параметров). Обсуждение достоинств и недостатков методов.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством спектрофотометра, хроматографа, pH-метра. Изучение инструкций. Настройка и калибровка приборов.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Составление плана эксперимента для заданной задачи. Подготовка проб и растворов. Проведение калибровочного графика.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Построение калибровочных графиков. Расчёт неизвестных концентраций. Линеаризация зависимостей (метод наименьших квадратов). Оценка погрешностей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Выполнение учебных измерений. Обработка результатов и оформление отчёта.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Расчёт среднего, дисперсии, стандартного отклонения. Построение контрольной карты. Анализ результатов на предмет выбросов.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Работа с компьютерными программами для обработки спектральных данных. Использование симуляторов физико-химических экспериментов. Обсуждение современных публикаций.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы дисциплины. Базовые концепции. Экспериментальные методы физической химии. Современное приборное обеспечение. Методология эксперимента и обработка результатов. Обработка и интерпретация данных. Проведение физико-химических измерений. Валидация и статистический контроль. Современные технологии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт тепловых эффектов и энергии Гиббса. Обработка калибровочных графиков. Расчёт концентраций по спектрофотометрическим данным. Построение контрольных карт и оценка погрешностей. Подготовка проб и проведение расчётов по результатам рН-метрии и кондуктометрии.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термодинамические законы и расчёты. Физико-химические методы анализа. Устройство и принцип работы приборов. Оценка неопределённости измерений. Статистическая обработка результатов. Валидация методик.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно

связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы дисциплины	ПК-2	Тестирование
Базовые концепции	ПК-2	Тестирование
Экспериментальные методы физической химии	ПК-2	Тестирование
Современное приборное обеспечение	ПК-2	Тестирование
Методология эксперимента и обработка результатов	ПК-2	Тестирование
Обработка и интерпретация данных	ПК-2	Тестирование
Проведение физико-химических измерений	ПК-2	Тестирование
Валидация и статистический контроль	ПК-2	Тестирование
Современные технологии	ПК-2	Тестирование
Комплексное применение	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

- Что является предметом физической химии?**
 - Только химические реакции органических веществ
 - Химические явления и процессы с точки зрения их физической сущности
 - Строение атомного ядра
 - Механические свойства материалов
- Какая из задач не относится к физической химии?**
 - Изучение скоростей химических реакций
 - Изучение тепловых эффектов реакций
 - Синтез новых органических соединений
 - Исследование условий химического равновесия
- Какой раздел физической химии изучает превращения энергии в химических процессах?**
 - Химическая кинетика
 - Химическая термодинамика
 - Электрохимия
 - Коллоидная химия

4. **Химическая кинетика изучает:**
- а) Скорости и механизмы химических реакций
 - б) Тепловые эффекты реакций
 - в) Равновесие в гетерогенных системах
 - г) Электропроводность растворов
5. **С какой наукой физическая химия имеет наиболее тесную связь?**
- а) Биология
 - б) Геология
 - в) Физика
 - г) Астрономия
6. **Что изучает химическая термодинамика?**
- а) Строение молекул
 - б) Энергетику и направление химических процессов
 - в) Скорость протекания реакции
 - г) Каталитические явления
7. **Для чего нужны знания физической химии в материаловедении?**
- а) Для прогнозирования свойств материалов и условий их синтеза
 - б) Только для расчёта массы образца
 - в) Для изучения микроструктуры
 - г) Только для контроля размеров
8. **Какой метод НЕ относится к физико-химическим методам анализа?**
- а) Спектрофотометрия
 - б) Потенциометрия
 - в) Титриметрия (объёмный анализ)
 - г) Хроматография
9. **Что изучает химическая термодинамика?**
- а) Только экзотермические реакции
 - б) Энергетику и направление химических процессов
 - в) Скорость протекания реакции
 - г) Каталитические явления
10. **Какой закон лежит в основе термохимии?**
- а) Закон Авогадро
 - б) Закон Гесса
 - в) Закон Фарадея
 - г) Правило фаз Гиббса
11. **Что позволяет предсказать знак изменения энергии Гиббса (ΔG) в химической реакции?**
- а) Скорость реакции
 - б) Направление самопроизвольного протекания
 - в) Тепловой эффект
 - г) Механизм реакции
12. **Какое понятие в физической химии характеризует меру неупорядоченности системы?**
- а) Энтальпия

- б) Энергия Гиббса
- в) Энтропия
- г) Теплоёмкость

13. Почему физическую химию называют теоретической основой химической технологии?

- а) Она позволяет рассчитывать оптимальные условия процессов
- б) Она описывает только лабораторные реакции
- в) Она не связана с производством
- г) Она изучает только строение веществ

14. Какой из разделов физической химии изучает поверхностные явления и дисперсные системы?

- а) Электрохимия
- б) Коллоидная химия
- в) Фотохимия
- г) Радиохимия

15. Что такое «физико-химический анализ» по Курнакову?

- а) Изучение зависимости свойств системы от её состава
- б) Определение элементного состава
- в) Измерение температуры
- г) Качественный анализ смеси

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет, задачи и место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и материаловедением.
2. Основные понятия химической термодинамики: система, фаза, компонент, термодинамические параметры. Классификация систем.
3. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Физический смысл и связь между ними.
4. Первое начало термодинамики. Тепловые эффекты химических реакций.
5. Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния. Критерии направления самопроизвольных процессов.
6. Третье начало термодинамики. Абсолютная энтропия. Невозможность достижения абсолютного нуля температур.
7. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа химического равновесия. Изотерма химической реакции.
8. Зависимость константы равновесия от температуры.

9. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость. Закон действующих масс для элементарных реакций. Порядок и молекулярность.
10. Кинетические уравнения реакций нулевого, первого, второго порядков. Период полупревращения. Энергия активации.
11. Классификация физико-химических методов анализа (спектральные, электрохимические, хроматографические, термические). Принципы выбора метода.
12. Спектрофотометрия и фотокolorиметрия. Применение для количественного анализа.
13. Потенциометрия. Определение pH. Ионоселективные электроды.
14. Кондуктометрия. Электропроводность растворов электролитов. Применение для анализа солей и кислот.
15. Хроматография (газовая, жидкостная, тонкослойная). Принцип разделения. Качественный и количественный анализ.
16. Устройство и принцип работы спектрофотометра, pH-метра, кондуктометра. Автоматизация измерений.
17. Планирование физико-химического эксперимента. Калибровка приборов. Подготовка проб. Оценка погрешностей измерений.
18. Статистическая обработка результатов. Среднее арифметическое, дисперсия, стандартное отклонение. Построение калибровочного графика (метод наименьших квадратов).
19. Валидация методик физико-химического анализа. Параметры валидации (специфичность, линейность, точность, прецизионность). Контрольные карты.
20. Современные тенденции: автоматизация эксперимента, использование компьютерного моделирования, искусственный интеллект в обработке спектральных данных.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение,	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. Бажин, Н. М. Начала физической химии: учебное пособие / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. — Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-16-009055-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=371882>

2. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. — 7-е изд., электрон. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 410 с. — ISBN 978-5-906828-87-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97412>

Дополнительная литература:

1. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия: учебное пособие / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1380-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4312>
2. Борисов, И. М. Введение в физическую химию: учебник / И. М. Борисов. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-507-46841-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/334491>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным

лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Микроскопия микро- и наноструктур».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах микроскопического исследования объектов микро- и нанометрового диапазона, а также практических навыков визуализации, анализа структуры, морфологии и свойств материалов, применяемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: фундаментальные физические основы и ограничения различных методов микроскопии, их возможности и области применения для исследования микро- и наноструктур, а также методы подготовки образцов и метрологического контроля, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования свойств объектов. Уметь: формулировать проблемы, ставить и решать задачи разработки технологий на основе фундаментальных знаний о микроскопических методах и их применении для исследования структуры и свойств материалов, описывать физические свойства объектов и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений и технологий, выбирать оптимальные методы исследования. Владеть: навыками работы с современными микроскопическими методами, способами подготовки образцов и интерпретации полученных данных, приёмами анализа микроскопических изображений, методами метрологического контроля качества исследований, а также навыками применения

		микроскопических методов для решения технологических задач и оценки свойств микро- и наноструктур.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Микроскопия микро- и наноструктур» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы формирования микроскопических изображений	Изучение взаимодействия фотонов, электронов и зондов с веществом, механизмов контрастообразования, формирования сигнала и принципов получения изображений микро- и наноструктур
2.	Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии	Теория разрешения, критерии Аббе и Релея, глубина резкости, глубина проникновения, отношение сигнал-шум, артефакты измерений, радиационные повреждения и пределы чувствительности методов
3.	Современная оптическая микроскопия	Методы светлопольной, темнопольной, поляризационной, фазово-контрастной, конфокальной и флуоресцентной микроскопии, а также основы сверхразрешающих методов визуализации
4.	Растровая электронная микроскопия и микроанализ	Принципы работы РЭМ, взаимодействие электронного пучка с веществом, вторичные и обратнорассеянные электроны,

		энергодисперсионный и волнодисперсионный анализ, низковольтная и экологическая электронная микроскопия
5.	Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция	Основы ПЭМ, высокоразрешающая микроскопия, электронная дифракция, STEM-режимы, коррекция аберраций, анализ дефектов, границ зерен и атомной структуры материалов
6.	Сканирующая зондовая микроскопия	Методы атомно-силовой, сканирующей туннельной, магнитно-силовой и проводящей микроскопии, исследование топографии, механических, электрических и магнитных свойств поверхностей
7.	Трёхмерная микроскопия и томографические методы	Электронная томография, FIB-SEM томография, рентгеновская микротомография, реконструкция объёмной структуры материалов и нанокompозитов
8.	Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований	Методы подготовки образцов для различных видов микроскопии, калибровка оборудования, оценка неопределённости измерений, воспроизводимость и верификация результатов

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы формирования микроскопических изображений.

Вопросы для обсуждения: Волновая природа света и взаимодействие с объектом. Дифракция и интерференция. Методы формирования увеличенного изображения. Аббе и его теория формирования изображения. Контраст в микроскопии.

Тема 2: Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии.

Вопросы для обсуждения: Дифракционный предел. Числовая апертура. Методы преодоления дифракционного предела. Влияние аберраций на качество изображения.

Тема 3: Современная оптическая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Принципиальная схема микроскопа. Конфокальная микроскопия. Флуоресцентная микроскопия. Методы фазового и интерференционного контраста. Микроскопия сверхвысокого разрешения

Тема 4: Растровая электронная микроскопия и микроанализ

Вопросы для обсуждения: Физические основы растровой электронной микроскопии. Взаимодействие электронов с веществом. Сигналы вторичных и обратнорассеянных электронов. Рентгеновский микроанализ

Тема 5: Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция

Вопросы для обсуждения: Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа. Формирование изображения в светлостильном и темнотильном режимах. Электронная дифракция на монокристаллах и поликристаллах.

Тема 6: Сканирующая зондовая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Принципы работы атомно-силового микроскопа. Туннельный микроскоп. Режимы контактный, полуконтактный, бесконтактный. Магнитно-силовая

и электросиловая микроскопия. Измерение механических, электрических и магнитных свойств на наноуровне.

Тема 7: Трёхмерная микроскопия и томографические методы

Вопросы для обсуждения: Принципы томографии. Электронная томография. Фокусированная ионно-лучевая томография. Конфокальная лазерная томография. Реконструкция трёхмерных изображений. Применение для анализа объёмных наноструктур.

Тема 8: Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований

Вопросы для обсуждения: Методы подготовки образцов для оптической и электронной микроскопии. Напыление проводящих покрытий. Фиксация и контрастирование.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы формирования микроскопических изображений.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на расчёт увеличения, числовой апертуры, разрешения. Построение хода лучей в оптическом микроскопе. Оценка влияния длины волны на разрешающую способность.

Тема 2: Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии.

Вопросы для обсуждения: Расчёт предела разрешения для оптического и электронного микроскопов. Сравнение разрешающей способности разных методов. Анализ критерия Рэлея на примерах.

Тема 3: Современная оптическая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Настройка микроскопа и получение изображений эталонных образцов. Определение разрешения. Освоение методов фазового контраста. Работа с флуоресцентным микроскопом.

Тема 4: Растровая электронная микроскопия и микроанализ

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством РЭМ. Подготовка образцов. Получение изображений при различных режимах. Проведение рентгеновского микроанализа. Интерпретация спектров.

Тема 5: Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция

Вопросы для обсуждения: Подготовка тонких образцов. Работа в светловольном и темнопольном режимах. Получение дифракционной картины. Индицирование рефлексов. Расчёт параметров решётки.

Тема 6: Сканирующая зондовая микроскопия

Вопросы для обсуждения: Настройка атомно-силового микроскопа. Получение топографии поверхности в контактном и полуконтактном режимах.

Тема 7: Трёхмерная микроскопия и томографические методы

Вопросы для обсуждения: Сбор серии изображений при разных углах наклона. Реконструкция трёхмерного изображения. Анализ объёмных параметров пор, частиц, дефектов.

Тема 8: Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований

Вопросы для обсуждения: Практическое освоение методов подготовки образцов (шлифование, травление, напыление). Калибровка микроскопа по эталону. Оценка погрешностей измерений.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Физические основы	Изучение хода лучей и построение

	формирования микроскопических изображений	изображения в оптическом микроскопе
2.	Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии	Определение предела разрешения оптического микроскопа с использованием дифракционной решётки
3.	Современная оптическая микроскопия	Исследование микроструктуры образцов методами светлопольной, темнопольной и фазово-контрастной микроскопии
4.	Растровая электронная микроскопия и микроанализ	Изучение морфологии поверхности и элементного состава образцов на растровом электронном микроскопе с рентгеновским микроанализатором
5.	Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция	Анализ кристаллической структуры тонких плёнок методами просвечивающей электронной микроскопии и микродифракции
6.	Сканирующая зондовая микроскопия	Исследование топографии и локальных свойств поверхности методом атомно-силовой микроскопии
7.	Трёхмерная микроскопия и томографические методы	Реконструкция объёмного изображения микрообъекта по серии томографических срезов
8.	Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований	Освоение методов подготовки шлифов, напыления проводящих покрытий и калибровки микроскопа

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы формирования микроскопических изображений. Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии. Современная оптическая микроскопия. Растровая электронная микроскопия и микроанализ. Просвечивающая электронная микроскопия и электронная дифракция. Сканирующая зондовая микроскопия. Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт увеличения, числовой апертуры и разрешения оптического микроскопа. Расчёт предела разрешения электронного микроскопа. Настройка микроскопа и получение изображений эталонов. Определение разрешения в оптической микроскопии. Работа на растровом электронном микроскопе и интерпретация спектров микроанализа. Настройка атомно-силового микроскопа и измерение шероховатости. Реконструкция трёхмерных изображений из томографических данных. Калибровка микроскопа и оценка погрешностей.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Устройство и принципы оптической, электронной и зондовой микроскопии. Формирование контраста в различных режимах. Взаимодействие электронов с веществом, типы сигналов. Рентгеновский микроанализ. Электронная дифракция. Режимы работы атомно-силового микроскопа. Подготовка образцов для разных типов микроскопии. Калибровка, метрология, стандарты.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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 формирования микроскопических изображений	ПК-1	Тестирование
Пространственное разрешение и фундаментальные ограничения методов микроскопии	ПК-1	Тестирование
Современная оптическая микроскопия	ПК-1	Тестирование
Растровая электронная микроскопия и микроанализ	ПК-1	Тестирование
Просвечивающая электронная	ПК-1	Тестирование

микроскопия и электронная дифракция		
Сканирующая зондовая микроскопия	ПК-1	Тестирование
Трёхмерная микроскопия и томографические методы	ПК-1	Тестирование
Подготовка образцов, метрология и контроль качества исследований	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы формирования микроскопических изображений»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Какое явление лежит в основе формирования изображения в оптическом микроскопе?**
 - Отражение
 - Преломление и дифракция
 - Поляризация
 - Фотоэффект
- Что такое дифракция света?**
 - Огибание волной препятствий, соизмеримых с длиной волны
 - Изменение направления волны на границе двух сред
 - Наложение когерентных волн
 - Зависимость показателя преломления от длины волны
- Кто разработал теорию формирования изображения в микроскопе, основанную на двойной дифракции?**
 - И. Ньютон
 - Э. Аббе
 - Р. Гук
 - Л. да Винчи
- Что такое интерференция света?**
 - Огибание волной препятствий
 - Сложение когерентных волн с образованием устойчивой картины
 - Разложение белого света в спектр
 - Изменение скорости света в среде
- Какое условие необходимо для наблюдения интерференции?**
 - Монохроматичность и когерентность волн
 - Широкий спектр излучения
 - Высокая интенсивность
 - Поляризация волн
- Что в оптической микроскопии называется «промежуточным изображением»?**
 - Изображение, формируемое окуляром
 - Изображение, формируемое объективом в фокальной плоскости
 - Изображение на сетчатке глаза
 - Изображение после конденсора
- Как называется способность микроскопа давать раздельное изображение мелких деталей объекта?**
 - Увеличение
 - Разрешающая способность

- в) Контраст
 - г) Глубина резкости
8. **Какой параметр объектива определяет его разрешающую способность?**
- а) Фокусное расстояние
 - б) Числовая апертура
 - в) Длина тубуса
 - г) Угловое увеличение
9. **Чему равна числовая апертура объектива?**
- а) Произведению показателя преломления среды на синус апертурного угла
 - б) Отношению фокусного расстояния к диаметру линзы
 - в) Квадрату увеличения
 - г) Обратной величине разрешения
10. **Как влияет увеличение числовой апертуры на разрешение?**
- а) Разрешение ухудшается
 - б) Разрешение улучшается
 - в) Не влияет
 - г) Зависит от длины волны
11. **Какой критерий используется для оценки предела разрешения оптического микроскопа?**
- а) Критерий Найквиста
 - б) Критерий Рэлея
 - в) Критерий Коши
 - г) Критерий Ньютона
12. **Формула Рэлея для предела разрешения имеет вид (λ – длина волны, $n \sin \alpha$ – числовая апертура):**
- а) $\delta = 0,61 \lambda / (n \sin \alpha)$
 - б) $\delta = 1,22 \lambda / (n \sin \alpha)$
 - в) $\delta = \lambda / (2 n \sin \alpha)$
 - г) $\delta = \lambda (n \sin \alpha)$
13. **Что такое контраст изображения в микроскопии?**
- а) Относительная разность интенсивностей между деталями объекта и фоном
 - б) Размер изображения
 - в) Яркость источника света
 - г) Цветовая гамма
14. **Какой метод используется для повышения контраста прозрачных неокрашенных объектов?**
- а) Фазово-контрастная микроскопия
 - б) Темнопольная микроскопия
 - в) Флуоресцентная микроскопия
 - г) Все перечисленные
15. **Что такое аберрации оптических систем?**
- а) Искажения изображения, вызванные несовершенством линз
 - б) Увеличение разрешения
 - в) Повышение контраста
 - г) Снижение яркости
16. **Какой тип аберрации приводит к тому, что лучи, падающие на линзу на разном расстоянии от оптической оси, фокусируются в разных точках?**
- а) Хроматическая аберрация
 - б) Сферическая аберрация
 - в) Астигматизм
 - г) Дисторсия

17. **Чем отличается хроматическая аберрация от сферической?**
а) Хроматическая связана с дисперсией, сферическая – с формой линзы
б) Сферическая связана с дисперсией, хроматическая – с формой линзы
в) Обе вызваны только кривизной линз
г) Обе вызваны только длиной волны
18. **Какое явление ограничивает максимальное полезное увеличение микроскопа?**
а) Дифракционный предел
б) Световая мощность источника
в) Качество линз окуляра
г) Длина тубуса
19. **Что такое «амплитудный объект» в микроскопии?**
а) Объект, изменяющий только амплитуду проходящей волны
б) Объект, изменяющий фазу волны
в) Объект, поляризующий свет
г) Объект, рассеивающий свет
20. **Какая теория объясняет формирование изображения как результат двух последовательных дифракций: на объекте и на линзе объектива?**
а) Волновая теория Аббе
б) Корпускулярная теория Ньютона
в) Электромагнитная теория Максвелла
г) Квантовая теория Планка

Пример задания лабораторной работы:

Тема: Изучение хода лучей и построение изображения в оптическом микроскопе

Задание

1. Изучение хода лучей в микроскопе

- Установите на предметный столик микропрепарат с нитевидным объектом (нитевидный объект располагается перпендикулярно оси).
- Включите осветитель и добейтесь чёткого изображения объекта, вращая макрометрический винт.
- Отметьте, в какой плоскости формируется промежуточное изображение объектива (используйте экран или кальку, помещённую в тубус без окуляра).
- Зарисуйте ход лучей от объекта до глаза наблюдателя, указав ход не менее трёх лучей от крайних точек объекта.
- Отметьте на схеме положение предмета, объектива, промежуточного изображения, окуляра и конечного мнимого изображения.

2. Построение изображения в микроскопе графическим методом

- Используя заданные параметры (фокусное расстояние объектива $F_{об} = \text{___}$ мм, фокусное расстояние окуляра $F_{ок} = \text{___}$ мм, расстояние от предмета до объектива $a = \text{___}$ мм, длина тубуса $L = 160$ мм), постройте в масштабе ход лучей в микроскопе:
 - Постройте изображение предмета, даваемое объективом.
 - Найдите положение этого изображения относительно окуляра.
 - Постройте изображение, даваемое окуляром.
- Измерьте полученное линейное увеличение объектива, окуляра и общее увеличение микроскопа.
- Сравните построенное увеличение с паспортными данными объектива и окуляра.

3. Экспериментальное определение увеличения микроскопа

- Установите на предметный столик объект-микрометр (линейку с ценой деления 0,01 мм).
- В окуляр поместите окуляр-микрометр (линейку в окуляре с ценой деления 0,1 мм).
- Совместите шкалы и определите, сколько делений шкалы объекта-микрометра соответствует определённому числу делений окуляр-микрометра.

- Рассчитайте увеличение объектива (или общее увеличение) по формуле:
Увеличение = (деления окуляр-микрометра × 0,1 мм) / (деления объекта-микрометра × 0,01 мм)
- Сравните экспериментальное увеличение с номинальным.
- **4. Определение поля зрения микроскопа**
- Установите объект-микрометр, сфокусируйтесь.
- Измерьте, какое количество делений объекта-микрометра укладывается по горизонтали и вертикали в поле зрения окуляра.
- Рассчитайте диаметр поля зрения в мм.
- Сделайте вывод о зависимости поля зрения от увеличения объектива (при смене объектива).
- **5. Исследование глубины резкости**
- Приготовьте препарат с объектом, имеющим рельеф (например, частицы пыли на разной высоте).
- Сфокусируйтесь на средней плоскости и отметьте, на какой глубине объекты остаются резкими.
- Измените апертурную диафрагму конденсора (закройте её) и снова оцените глубину резкости.
- Объясните влияние апертуры на глубину резкости.
- **6. Иммерсионная микроскопия (при наличии иммерсионного объектива)**
- Нанесите каплю иммерсионной жидкости на препарат и опустите иммерсионный объектив.
- Сравните качество изображения с сухим объективом того же увеличения.
- Рассчитайте числовую апертуру и разрешение иммерсионного объектива.
- Объясните, почему иммерсия улучшает разрешение.
- **7. Изучение влияния диафрагмы конденсора на контраст и разрешение**
- При слабом освещении закройте апертурную диафрагму конденсора.
- Наблюдайте изменение контраста и резкости изображения.
- Откройте диафрагму полностью и снова оцените изображение.
- Сделайте вывод о роли диафрагмы.

Содержание отчёта

1. Номер и название работы, цель, оборудование.
2. Схема хода лучей в микроскопе с пояснениями.
3. Графическое построение изображения (в масштабе).
4. Таблицы с экспериментальными данными (измерения увеличения, поля зрения, глубины резкости).
5. Расчёт увеличения и разрешения.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод по работе.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Физические основы формирования изображения в микроскопе: дифракция, интерференция, роль волновой природы света.
2. Разрешающая способность микроскопа: критерий Рэлея, дифракционный предел, числовая апертура.
3. Способы повышения разрешения в оптической микроскопии: иммерсия, конфокальная микроскопия, методы суперразрешения (STED, STORM, PALM).

4. Устройство и принцип работы оптического микроскопа: ход лучей, объектив, окуляр, конденсор.
5. Методы повышения контраста в оптической микроскопии: фазовый контраст, тёмное поле, дифференциально-интерференционный контраст.
6. Флуоресцентная микроскопия: принцип, флуорофоры, применение, двухфотонная микроскопия.
7. Физические основы растровой электронной микроскопии (РЭМ): источники электронов, взаимодействие электронов с веществом.
8. Типы сигналов в РЭМ: вторичные электроны, обратнорассеянные электроны, характеристическое рентгеновское излучение, катодолуминесценция.
9. Методы микроанализа в РЭМ: энергодисперсионная и волнодисперсионная рентгеновская спектроскопия.
10. Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ): формирование изображения, светлопольный и темнопольный режимы.
11. Электронная дифракция в ПЭМ: получение дифракционных картин, индицирование, применение для анализа кристаллической структуры.
12. Высокоразрешающая ПЭМ: визуализация атомной структуры, анализ дефектов кристаллической решётки.
13. Сканирующая зондовая микроскопия: общие принципы, пьезоэлектрические сканеры, системы обратной связи.
14. Атомно-силовая микроскопия (АСМ): режимы работы (контактный, полуконтактный, бесконтактный), получение топографии.
15. Модификации сканирующей зондовой микроскопии: магнитно-силовая, электросиловая, Кельвин-зонд микроскопия.
16. Трёхмерная микроскопия и томография: принципы томографической реконструкции, электронная томография, фокусированная ионно-лучевая томография.
17. Методы подготовки образцов для оптической и электронной микроскопии: фиксация, обезвоживание, заливка, ультрамикротомия, напыление проводящих покрытий.
18. Метрология в микроскопии: калибровка микроскопов, стандартные образцы, оценка точности измерений, неопределённость.
19. Контроль качества микроскопических исследований: воспроизводимость, разрешение, контраст, документация.
20. Современные тенденции в микроскопии: in-situ микроскопия, крио-электронная микроскопия, интеллектуальная микроскопия с применением искусственного интеллекта.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворяет	Репродуктивная	Изложение в пределах задач курса	удовлетворительн		55-70

ельны й (достат очный)	деятельность	теоретически практически контролируемого материала	и о		
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Рыбин, Н. Б. Методы зондовой микроскопии: учебное пособие / Н. Б. Рыбин [и др.]. – Рязань: РГРТУ, 2014. – 48 с. – Текст: электронный. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168082>

Дополнительная литература:

1. Александров, С. Е. Методы и приборы для анализа и диагностики наночастиц и наноматериалов. Сканирующая зондовая микроскопия: учебное пособие / С. Е. Александров, А. Б. Спешилова; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – Текст: электронный. – URL: <https://elibrary.spbstu.ru/dl/2/s20-490.pdf>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elibrary.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

Специализированное:

- DigitalMicrograph: управление электронными микроскопами и анализ данных ПЭМ и STEM

- Dragonfly: трёхмерная визуализация, томографическая реконструкция и анализ объёмных данных
- MountainsSPIP: анализ данных атомно-силовой микроскопии и профилометрии поверхности

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Функциональные наноматериалы. Виды и свойства».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о классификации, структуре, физико-химических и функциональных свойствах наноматериалов, а также освоение подходов к их целенаправленному дизайну и применению в наукоёмких технологических процессах и приборостроении.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоёмких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: фундаментальные механизмы формирования функциональных свойств наноматериалов, их структуру и архитектуру, методы синтеза и самосборки, особенности интерфейсов и гетероструктур, основные функциональные классы наноматериалов, а также вопросы надёжности, деградации и безопасности, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоёмких задач и разработки технологических требований. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоёмких задач на основе знаний о функциональных свойствах наноматериалов, разрабатывать технологические требования к используемым материалам и методам в конкретных приложениях, обосновывать выбор функциональных наноматериалов для достижения заданных характеристик с учётом их структуры, свойств и условий эксплуатации. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов применения функциональных наноматериалов, способами

		разработки технологических требований к материалам и методам их синтеза, приемами выбора оптимальных классов наноматериалов для конкретных задач, методами оценки надёжности и деградации, а также навыками прогнозирования поведения наноматериалов в различных условиях эксплуатации.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Функциональные наноматериалы. Виды и свойства» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в функциональные наноматериалы	Классификация функциональных наноматериалов, размерные эффекты, связь структуры и свойств, области применения в электронике, энергетике, фотонике, сенсорике и биомедицине.
2.	Структура и архитектура наноматериалов	Нульмерные, одномерные, двумерные и трёхмерные наноструктуры, нанокompозиты, пористые материалы, иерархические структуры и метаматериалы.
3.	Фундаментальные механизмы функциональных свойств	Квантовое ограничение, поверхностная энергия, дефекты кристаллической структуры, межфазные явления, транспорт носителей заряда и тепла, масштабные эффекты в наноматериалах.
4.	Методы синтеза и	Bottom-up и top-down подходы, химический синтез,

	самосборки наноматериалов	осаждение из газовой фазы, гидротермальные методы, самосборка, управление морфологией и функциональными свойствами.
5.	Интерфейсы и гетероструктуры	Межфазные границы, поверхностная инженерия, тонкие плёнки, многослойные системы, гетероструктуры и их влияние на функциональные характеристики материалов.
6.	Функциональные классы наноматериалов	Электронные, магнитные, фотонные, каталитические, пьезоэлектрические, термоэлектрические и биофункциональные наноматериалы.
7.	Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов	Окисление, агрегация, старение, радиационная устойчивость, токсикология наноматериалов, биосовместимость, оценка рисков и методы обеспечения безопасности.
8.	Современные направления развития наноматериалов	Графен, MXenes, переходные дихалькогениды металлов, двумерные материалы, программируемые материалы, наноструктуры для квантовых технологий и искусственного интеллекта.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в функциональные наноматериалы.

Вопросы для обсуждения: Определение и классификация наноматериалов по размерности и составу. Функциональные свойства наноматериалов. Области применения в наукоёмких производствах.

Тема 2: Структура и архитектура наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Кристаллическая и аморфная структура нанообъектов. Дефекты и их роль. Нульмерные, одномерные и двумерные наноматериалы. Мультислойные иерархические структуры.

Тема 3: Фундаментальные механизмы функциональных свойств.

Вопросы для обсуждения: Размерные эффекты и квантовое ограничение. Поверхностные явления и высокая удельная поверхность. Плазмонные резонансы в металлических наночастицах. Туннельные эффекты и одноэлектронное поведение. Суперпараметризм магнитных наночастиц.

Тема 4: Методы синтеза и самосборки наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Физические методы синтеза. Химические методы синтеза. Самосборка и шаблонный синтез. Контроль размера и формы наночастиц.

Тема 5: Интерфейсы и гетероструктуры.

Вопросы для обсуждения: Роль границ раздела в нанокompозитах. Гетеропереходы и их применение. Наночастицы типа ядро-оболочка. Эффект интерфейсного переноса заряда.

Тема 6: Функциональные классы наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Оптические наноматериалы. Электрические и электрохимические наноматериалы. Магнитные наночастицы. Каталитические наноматериалы. Биосовместимые и полимерные наноматериалы.

Тема 7: Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Механизмы старения наноматериалов. Методы ускоренных испытаний. Токсичность наночастиц. Нормативные требования и стандарты безопасности.

Тема 8: Современные направления развития наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Метаматериалы и плазмонные структуры. Нанопотоника.

Двумерные материалы. Нанопористые структуры для хранения энергии. Перовскитные наноматериалы для солнечной энергетики. Биогибридные наноматериалы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в функциональные наноматериалы.

Вопросы для обсуждения: Классификация образцов наноматериалов по размерности. Подбор областей применения для конкретных примеров. Работа с базами данных по наноматериалам.

Тема 2: Структура и архитектура наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Анализ электронных микрофотографий различных наноструктур. Расчёт удельной поверхности наночастиц. Определение типа наноматериала по описанию.

Тема 3: Фундаментальные механизмы функциональных свойств.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетических уровней в квантовой точке. Анализ зависимости цвета наночастиц золота от размера.

Тема 4: Методы синтеза и самосборки наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Выбор метода синтеза для заданных параметров. Сравнение преимуществ и недостатков различных методов.

Тема 5: Интерфейсы и гетероструктуры.

Вопросы для обсуждения: Построение диаграмм энергетических зон для гетероперехода. Анализ свойств частиц типа ядро-оболочка. Роль интерфейсов в композитных материалах.

Тема 6: Функциональные классы наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Подбор наноматериала для заданного применения.

Тема 7: Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Анализ результатов ускоренных испытаний. Оценка рисков при работе с нанопорошками. Разработка протокола безопасной работы.

Тема 8: Современные направления развития наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Чтение и обсуждение научных статей по новым наноматериалам. Групповые проекты по дизайну наноматериала для перспективной задачи.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в функциональные наноматериалы. Структура и архитектура наноматериалов. Фундаментальные механизмы функциональных свойств. Методы синтеза и самосборки наноматериалов. Интерфейсы и гетероструктуры. Функциональные классы наноматериалов. Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов. Современные направления развития наноматериалов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Классификация наноматериалов. Расчёт удельной поверхности. Анализ электронных микрофотографий. Расчёт энергетических уровней в квантовых точках. Выбор метода синтеза. Построение зонных диаграмм гетеропереходов. Подбор наноматериала для заданного применения. Оценка безопасности наноматериалов. Анализ научных статей.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация и свойства наноматериалов. Размерные эффекты и квантовое ограничение. Методы синтеза наноматериалов. Интерфейсы и гетероструктуры. Функциональные классы наноматериалов. Надёжность и деградация. Безопасность наноматериалов. Перспективные направления нанотехнологий.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в функциональные наноматериалы	ПК-2	Тестирование
Структура и архитектура наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Фундаментальные механизмы функциональных свойств	ПК-2	Тестирование
Методы синтеза и самосборки наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Интерфейсы и гетероструктуры	ПК-2	Тестирование

Функциональные классы наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Надёжность, деградация и безопасность наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Современные направления развития наноматериалов	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в функциональные наноматериалы»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Что такое наноматериалы?**
 - Материалы, содержащие наночастицы любого происхождения
 - Материалы, имеющие характерный размер структуры от 1 до 100 нм
 - Материалы с размером кристаллитов менее 1 мкм
 - Все материалы, полученные с использованием нанотехнологий
- Какое из перечисленных свойств относится к функциональным свойствам наноматериалов?**
 - Плотность
 - Теплоёмкость
 - Плазмонный резонанс
 - Электропроводность
- Как называется эффект, проявляющийся в изменении оптических свойств наночастиц при уменьшении их размера?**
 - Квантовое ограничение
 - Суперпараметризм
 - Поверхностный плазмонный резонанс
 - Интерференция
- К какому классу по размерности относятся квантовые точки?**
 - Двумерные
 - Нульмерные
 - Одномерные
 - Трёхмерные
- Какая структура характерна для графена?**
 - Нульмерная
 - Одномерная
 - Двумерная
 - Трёхмерная
- Какой метод синтеза относится к физическим?**
 - Золь-гель
 - Гидротермальный
 - Лазерная абляция
 - CVD (химическое осаждение из газовой фазы)
- Почему наночастицы золота могут иметь красный, синий или фиолетовый цвет?**
 - Из-за различного химического состава
 - Из-за различного размера и формы, что влияет на плазмонный резонанс
 - Из-за различной кристаллической решётки
 - Из-за различной температуры синтеза
- Что такое суперпараметризм?**
 - Свойство наночастиц проявлять высокую электропроводность

- б) Свойство малых магнитных наночастиц не иметь остаточной намагниченности при комнатной температуре
 - в) Способность наночастиц к самосборке
 - г) Эффект туннелирования электронов
9. **Какая основная причина высокой химической активности наночастиц?**
- а) Малая масса
 - б) Высокая удельная поверхность
 - в) Квантовая природа
 - г) Дефекты кристаллической решётки
10. **Что такое углеродные нанотрубки?**
- а) Одномерный наноматериал, свёрнутый из графенового листа
 - б) Нульмерный наноматериал из атомов углерода
 - в) Двумерный наноматериал на основе графита
 - г) Трёхмерный пористый материал
11. **Какой наноматериал обладает наибольшей теплопроводностью?**
- а) Квантовые точки
 - б) Фуллерены
 - в) Графен
 - г) Нанопористый кремний
12. **Какое явление лежит в основе работы квантово-точечных солнечных элементов?**
- а) Фотоэффект на поверхности
 - б) Многократное возбуждение экситонов
 - в) Термоэлектрический эффект
 - г) Плазмонное усиление
13. **Какое из утверждений о наноматериалах верно?**
- а) Все наноматериалы являются токсичными
 - б) Свойства наноматериалов существенно зависят от их размера
 - в) Наноматериалы всегда имеют кристаллическую структуру
 - г) Наноматериалы не встречаются в природе
14. **Что такое функциональные наноматериалы?**
- а) Наноматериалы, обладающие определёнными полезными свойствами для применения в устройствах
 - б) Только магнитные наноматериалы
 - в) Наноматериалы, используемые в медицине
 - г) Наноматериалы, полученные биологическими методами
15. **Какое из перечисленных применений характерно для магнитных наночастиц?**
- а) Адресная доставка лекарств
 - б) Оптические волокна
 - в) Солнечные батареи
 - г) Водородные топливные элементы

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение наноматериалам. Каков размерный диапазон и основные классификации наноматериалов (по размерности, составу, происхождению)?
2. Что такое функциональные наноматериалы? Приведите примеры их применения в наукоёмких производствах.
3. Охарактеризуйте нульмерные, одномерные и двумерные наноматериалы. Приведите примеры каждого типа.
4. Объясните, что такое квантовое ограничение и как оно влияет на электронные и оптические свойства наноматериалов.

5. Почему с уменьшением размера частиц увеличивается их удельная поверхность? Как это влияет на химическую активность и каталитические свойства?
6. Что такое поверхностный плазмонный резонанс? На примере наночастиц золота поясните зависимость плазмонного пика от размера и формы.
7. Какие магнитные свойства характерны для наночастиц? Дайте определение суперпарамагнетизма и объясните его происхождение.
8. Перечислите основные физические методы синтеза наноматериалов (испарение-конденсация, лазерная абляция, магнетронное распыление). В чём их преимущества и ограничения?
9. Охарактеризуйте химические методы синтеза (золь-гель, гидротермальный, CVD, PVD). Какие параметры контролируют размер и морфологию наночастиц?
10. Что такое самосборка наноматериалов? В чём отличие «снизу-вверх» от «сверху-вниз» подходов?
11. Роль интерфейсов в нанокompозитах. Как границы раздела влияют на механические, электрические и тепловые свойства?
12. Что такое гетероструктуры и наночастицы типа «ядро-оболочка»? Приведите примеры их применения в оптоэлектронике и биомедицине.
13. Охарактеризуйте оптические наноматериалы (квантовые точки, наноплазмонные резонаторы, люминофоры). В чём их преимущества перед традиционными люминофорами?
14. Какие наноматериалы используются в электрохимических устройствах (суперконденсаторах, литий-ионных аккумуляторах)? Объясните роль нанопористых структур.
15. Что такое графен и его производные? Какие уникальные электрические и механические свойства делают его перспективным материалом?
16. Назовите основные механизмы деградации наноматериалов (окисление, агрегация, диффузия). Какие методы ускоренных испытаний используются для оценки их надёжности?
17. Каковы потенциальные риски для здоровья и окружающей среды, связанные с наноматериалами? Какие нормативные документы регулируют безопасность наноматериалов?
18. Что такое метаматериалы и плазмонные структуры? Какие необычные электромагнитные свойства они проявляют (отрицательный показатель преломления, сверхразрешение)?
19. Назовите современные направления в области наноматериалов для энергетики (перовскитные солнечные элементы, материалы для водородной энергетики, термоэлектрики).
20. Опишите перспективы использования двумерных материалов (дихалькогениды переходных металлов, MXene) и биогибридных наноматериалов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий	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 профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы: учебное пособие для вузов / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин; под ред. Ю. Д. Третьякова. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 452 с. — ISBN 978-5-9221-1120-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59578>
2. Квеглис, Л. И. Физика металлов как основа создания металлических наноматериалов: учебное пособие / Л. И. Квеглис; Сибирский федеральный университет. — Красноярск: СФУ, 2019. — 116 с. — ISBN 978-5-7638-4104-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=379872>

Дополнительная литература:

1. Поленов, Ю. В. Физико-химические основы нанотехнологий: учебник для вузов / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2026. — 180 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-507-47069-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125699>
2. Лукьянов, Г. Н. Наноматериалы и нанотехнологии: учебное пособие / Г. Н. Лукьянов. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 536 с. — (Среднее профессиональное образование). — ISBN 978-5-8114-5758-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий

лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Синтез наноматериалов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-химических основах, методах и технологиях синтеза наноматериалов, а также практических навыков проектирования процессов получения наноструктур и использования современного аналитического оборудования для их характеристики применительно к задачам прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоёмких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: фундаментальные физико-химические основы синтеза наноматериалов, основные методы и технологии их получения, а также подходы к проектированию процессов синтеза и контролю свойств, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоёмких задач. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоёмких задач в области синтеза наноматериалов, разрабатывать технологические требования к методам и оборудованию в конкретных приложениях, обосновывать выбор методов синтеза для получения наноматериалов с заданными свойствами. Владеть: навыками проектирования процессов синтеза наноматериалов, методами их анализа и характеристики, способами выбора оптимальных технологических решений для конкретных приложений, приемами практической реализации технологий синтеза, а также навыками разработки технологических требований к методам и оборудованию.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Синтез наноматериалов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы синтеза наноматериалов	Классификация наноматериалов, размерные эффекты, наноструктурные состояния вещества, взаимосвязь состава, структуры и свойств, роль синтеза в формировании функциональных характеристик материалов.
2.	Физико-химические основы формирования наноструктур	Термодинамика и кинетика образования нанофаз, механизмы зародышеобразования и роста, поверхностная энергия, межфазные границы, процессы агрегации и стабилизации наночастиц.
3.	Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов	Золь-гель технологии, осаждение из растворов, гидротермальный и сольвотермальный синтез, микроэмульсионные методы, самосборка наноструктур, супрамолекулярная химия и bottom-up подходы к созданию функциональных наноматериалов.
4.	Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов	Физическое и химическое осаждение из паровой фазы, молекулярно-лучевая эпитаксия, магнетронное распыление, лазерная абляция, плазменные методы, механохимический синтез и технологии формирования тонких пленок.
5.	Проектирование процессов синтеза наноматериалов	Выбор прекурсоров, управление параметрами синтеза, масштабирование технологий, цифровое проектирование процессов, обеспечение воспроизводимости и устойчивости технологических маршрутов.
6.	Методы анализа и	Рентгеновская дифракция, электронная и

	характеризации наноматериалов	сканирующая зондовая микроскопия, спектроскопические методы, анализ морфологии, структуры, фазового состава и функциональных свойств наноматериалов.
7.	Практическая реализация технологий синтеза	Лабораторные и промышленные технологии получения наноматериалов, реакторные системы, вопросы масштабирования, технологические ограничения и промышленная интеграция.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы синтеза наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ преимуществ и ограничений различных стратегий синтеза. Обзор современных тенденций в получении наноструктур для наукоёмких производств.

Тема 2: Физико-химические основы формирования наноструктур

Вопросы для обсуждения: Термодинамика наносистем: поверхностная энергия и её влияние на стабильность наночастиц. Кинетика зародышеобразования: гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Роль диффузии и массопереноса в росте наночастиц.

Тема 3: Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Метод соосаждения и микроэмульсионный синтез. Супрамолекулярная химия и темплатный синтез. Прямое химическое восстановление металлов.

Тема 4: Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Магнетронное распыление и термическое испарение в вакууме. Молекулярно-пучковая эпитаксия и её возможности.

Тема 5: Проектирование процессов синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Выбор метода синтеза в зависимости от требуемого материала, размера, формы и свойств. Масштабирование лабораторных методов до промышленного уровня. Факторы, влияющие на воспроизводимость и однородность наночастиц.

Тема 6: Методы анализа и характеристики наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Микроскопические методы: электронная и зондовая микроскопия для определения размера, формы и структуры.

Тема 7: Практическая реализация технологий синтеза

Вопросы для обсуждения: технологические схемы синтеза наноматериалов в лабораторных условиях. Оборудование для синтеза: реакторы, печи, вакуумные установки.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы синтеза наноматериалов.

Вопросы для обсуждения: Анализ литературных данных по методам синтеза заданного наноматериала. Классификация методов по типу воздействия и агрегатному состоянию реагентов.

Тема 2: Физико-химические основы формирования наноструктур

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического размера зародыша для заданной системы. Построение графиков зависимости скорости зародышеобразования от пересыщения.

Оценка влияния температуры на размер наночастиц.

Тема 3: Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Разработка лабораторной методики синтеза наночастиц оксида цинка золь-гель методом. Подбор стабилизаторов для предотвращения агрегации.

Тема 4: Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Сравнительный анализ физических методов с точки зрения чистоты продукта и энергозатрат.

Тема 5: Проектирование процессов синтеза наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Составление технологической карты синтеза наноматериала для заданных технических требований (размер, форма, состав, однородность). Оценка рисков и неопределённостей процесса.

Тема 6: Методы анализа и характеристики наноматериалов

Вопросы для обсуждения: Обработка данных спектроскопии и микроскопии. Сравнение результатов, полученных разными методами.

Тема 7: Практическая реализация технологий синтеза

Вопросы для обсуждения: Планирование эксперимента по синтезу наноматериала с варьированием ключевых параметров

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Основы синтеза наноматериалов	Ознакомление с оборудованием и техникой безопасности при синтезе наноматериалов
2.	Физико-химические основы формирования наноструктур	Исследование влияния концентрации реагентов на размер наночастиц
3.	Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов	Синтез наночастиц серебра методом химического восстановления
4.	Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов	Получение тонких плёнок оксида цинка методом магнетронного распыления
5.	Проектирование процессов синтеза наноматериалов	Расчёт материального и теплового баланса процесса синтеза наночастиц
6.	Методы анализа и характеристики наноматериалов	Определение размера наночастиц методом динамического рассеяния света
7.	Практическая реализация технологий синтеза	Синтез квантовых точек CdSe и исследование их оптических свойств

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы синтеза наноматериалов. Физико-химические основы формирования наноструктур. Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов. Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов. Проектирование процессов синтеза наноматериалов. Методы анализа и характеристики наноматериалов. Практическая реализация технологий синтеза.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ литературных данных по методам синтеза. Расчёт критического размера зародыша и скорости зародышеобразования. Разработка лабораторной методики синтеза. Сравнительный анализ физических методов синтеза. Составление технологической карты синтеза. Интерпретация дифрактограмм и спектроскопических данных. Планирование

эксперимента по синтезу наноматериалов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация методов синтеза. Термодинамика и кинетика формирования наноструктур. Химические методы получения наночастиц. Физические и вакуумные технологии. Проектирование процессов синтеза. Методы характеристики наноматериалов. Масштабирование и практическая реализация.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы синтеза наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Физико-химические основы	ПК-2	Тестирование

формирования наноструктур		
Химические и супрамолекулярные методы синтеза наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Физические и вакуумные технологии получения наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Проектирование процессов синтеза наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Методы анализа и характеристики наноматериалов	ПК-2	Тестирование
Практическая реализация технологий синтеза	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Основы синтеза наноматериалов»

- Что из перечисленного относится к наноматериалам?
 - Материалы с размером структурных элементов от 1 до 100 нм
 - Все материалы, полученные с использованием нанотехнологий
 - Материалы, содержащие хотя бы один наноразмерный компонент
 - Материалы, обладающие уникальными свойствами независимо от размера
- Какой подход к синтезу наноматериалов предполагает создание структур из атомов или молекул?
 - «Сверху-вниз»
 - «Снизу-вверх»
 - Литографический
 - Механосинтез
- Какое явление является движущей силой роста наночастиц при зародышеобразовании?
 - Снижение поверхностной энергии
 - Увеличение объёмной энергии
 - Повышение температуры
 - Уменьшение давления
- Что такое критический размер зародыша в нуклеации?
 - Минимальный размер стабильного зародыша новой фазы
 - Максимальный размер нестабильного зародыша
 - Размер, при котором скорость роста максимальна
 - Размер, при котором зародыш растворяется
- Какой параметр в первую очередь определяет монодисперсность наночастиц?
 - Температура синтеза
 - Однородность условий зародышеобразования и разделение стадий нуклеации и роста
 - Давление в реакторе
 - Время синтеза
- Какое из перечисленных требований является основным при выборе метода синтеза наноматериалов?
 - Минимальная стоимость оборудования
 - Возможность контроля размера, формы и состава частиц
 - Максимальная производительность
 - Простота масштабирования
- Что такое «травление» в контексте подхода «сверху-вниз»?
 - Химическое или физическое удаление материала с поверхности для создания

наноструктур

- б) Осаждение атомов из газовой фазы
 - в) Сборка молекул в наночастицы
 - г) Синтез в растворе
8. **К какому типу методов относится золь-гель технология?**
- а) Физические методы
 - б) Химические методы
 - в) Вакуумные методы
 - г) Литографические методы
9. **Почему при синтезе наночастиц часто используют стабилизаторы (каппагенты)?**
- а) Для ускорения химической реакции
 - б) Для предотвращения агрегации и контроля роста частиц
 - в) Для повышения температуры реакции
 - г) Для увеличения концентрации реагентов
10. **Какой метод синтеза позволяет получать наночастицы с наиболее узким распределением по размерам?**
- а) Механическое измельчение
 - б) Золь-гель метод без стабилизаторов
 - в) Синтез в микроэмульсиях или с использованием темплатов
 - г) Лазерная абляция
11. **Что такое легирование наноматериалов?**
- а) Удаление примесей из наночастиц
 - б) Введение контролируемого количества атомов другого элемента для изменения свойств
 - в) Нанесение защитного покрытия
 - г) Спекание наночастиц
12. **Какое оборудование используется для синтеза наночастиц методом лазерной абляции?**
- а) Печь сопротивления
 - б) Импульсный лазер и вакуумная камера
 - в) Реактор с мешалкой
 - г) Магнетронная распылительная система
13. **Что происходит с температурой плавления наночастиц по сравнению с массивным материалом?**
- а) Температура плавления повышается
 - б) Температура плавления понижается
 - в) Температура плавления не изменяется
 - г) Зависит от метода синтеза
14. **Какое из утверждений о синтезе углеродных нанотрубок верно?**
- а) Они не могут быть получены химическими методами
 - б) Дуговой разряд и CVD являются основными методами синтеза
 - в) Синтез возможен только при сверхвысоких давлениях
 - г) Нанотрубки всегда получают с одинаковым диаметром
15. **Что такое масштабирование синтеза наноматериалов?**
- а) Увеличение размера получаемых наночастиц
 - б) Переход от лабораторного синтеза к промышленному производству с сохранением свойств
 - в) Уменьшение времени реакции
 - г) Синтез наноматериалов с использованием наноразмерных шаблонов

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Определение наноматериалов. Классификация по размерности и составу. Основные подходы к синтезу: «снизу-вверх» и «сверху-вниз».
2. Термодинамика наносистем: поверхностная энергия и её влияние на стабильность наночастиц. Роль поверхностной энергии в процессах синтеза.
3. Кинетика зародышеобразования: гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Критический размер зародыша и энергетический барьер.
4. Факторы, влияющие на морфологию и дисперсность наночастиц. Контроль размера и формы при синтезе.
5. Золь-гель метод: стадии процесса, преимущества, недостатки, влияние параметров на размер и структуру наночастиц.
6. Гидротермальный и сольвотермальный синтез наноматериалов. Области применения, достоинства и ограничения.
7. Метод соосаждения и микроэмульсионный синтез. Условия получения монодисперсных наночастиц.
8. Супрамолекулярная химия и темплатный синтез. Использование матриц для формирования наноструктур.
9. Прямое химическое восстановление металлов. Получение наночастиц благородных металлов.
10. Физические методы синтеза: испарение-конденсация в инертной атмосфере. Параметры процесса и размер получаемых частиц.
11. Лазерная абляция и плазменное распыление: принципы, оборудование, характеристики наноматериалов.
12. Магнетронное распыление и термическое испарение в вакууме. Получение тонких плёнок и наноструктур.
13. Молекулярно-пучковая эпитаксия как метод создания наноструктур с атомной точностью.
14. Дуговой разряд для синтеза углеродных нанотрубок и фуллеренов. Основные параметры и особенности.
15. Проектирование процессов синтеза: выбор метода в зависимости от требований к материалу, размеру, форме и свойствам.
16. Масштабирование лабораторных методов синтеза до промышленного уровня: основные проблемы и пути решения (воспроизводимость, однородность, производительность).
17. Экономическая эффективность и энергозатраты различных технологий синтеза наноматериалов.
18. Микроскопические методы характеристики: электронная и зондовая микроскопия. Определение размера, формы и структуры наночастиц.
19. Спектроскопические методы анализа: УФ-видимая, ИК-спектроскопия, комбинационное рассеяние. Применение для идентификации состава и свойств.
20. Дифракционные методы (рентгеновская дифракция). Определение фазового состава, размера кристаллитов.
21. Определение удельной поверхности и пористости наноматериалов. Анализ элементного состава.
22. Технологические схемы синтеза наноматериалов в лабораторных условиях: реакторы, печи, вакуумные установки.
23. Контроль ключевых параметров синтеза (температура, давление, время, концентрация, pH) и их влияние на качество наноматериалов.
24. Примеры практической реализации синтеза конкретных наноматериалов (оксиды металлов, квантовые точки, углеродные нанотрубки, магнитные наночастицы).
25. Экологические аспекты синтеза наноматериалов: утилизация отходов, безопасность персонала, требования к чистоте и замкнутости технологических циклов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически	удовлетворительно		55-70

(достаточный)		контролируемого материала			
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55	

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Пряхин, Е. И. Наноматериалы и нанотехнологии: учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 372 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-507-46915-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323648>
2. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы: учебное пособие для вузов / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин; под ред. Ю. Д. Третьякова. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 452 с. — ISBN 978-5-9221-1120-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59578>

Дополнительная литература:

1. Соловов, Р. Д. Синтез и исследование наночастиц и наноматериалов: практикум / Р. Д. Соловов, В. В. Орличеня. — Москва: РТУ МИРЭА, 2023. — 141 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/398393>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления

образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Дифракционные методы исследования».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических основах дифракционных методов анализа, а также практических навыков их применения для определения кристаллической структуры, фазового состава, текстуры и дефектов материалов, используемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: теоретические основы дифракции и рассеяния, современные структурные модели материалов, аппаратное обеспечение дифракционных методов, методологию проведения эксперимента и обработки данных, а также методы контроля качества, достаточные для описания физических свойств и прогнозирования характеристик процессов с учётом требований приложений и технологий. Уметь: описывать физические свойства материалов на основе данных дифракционных методов и прогнозировать характеристики процессов их получения и применения с учётом требований конкретных технологий и приложений, обосновывать выбор дифракционных методов для исследования структуры и свойств материалов, интерпретировать дифракционные данные для определения структурных параметров. Владеть: навыками описания физических свойств материалов на основе дифракционных данных, методами прогнозирования характеристик процессов с учётом требований приложений, способами

		интерпретации дифракционных результатов для оценки структурных параметров, приемами применения дифракционных методов для решения технологических задач, а также навыками использования дифракционных данных для обоснования технологических решений.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: теоретические основы дифракционных методов, принципы их аппаратного обеспечения и обработки данных, а также подходы к структурному анализу материалов, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач на основе дифракционных методов исследования, разрабатывать технологические требования к используемым средствам и методам в конкретных приложениях, обосновывать выбор методов для анализа структуры материалов и интерпретировать полученные данные. Владеть: навыками проведения дифракционных экспериментов, методами обработки и интерпретации дифракционных данных, способами контроля качества и выбора оптимальных методов для решения конкретных задач, а также навыками применения дифракционных методов для структурных исследований материалов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифракционные методы исследования» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы

студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в дифракционные методы исследования	Физическая природа дифракции, роль дифракционных методов в материаловедении, физике твёрдого тела, химии и нанотехнологиях, классификация методов структурного анализа.
2.	Теоретические основы дифракции и рассеяния	Волновая природа излучения, интерференция и дифракция, уравнение Брэгга, сфера Эвальда, обратная решётка, структурный фактор, кинематическая и динамическая теория дифракции.
3.	Кристаллография и современные структурные модели материалов	Кристаллические решётки, пространственные группы, индексы Миллера, дефекты структуры, нанокристаллические материалы, квазикристаллы, аperiодические и модулированные структуры.
4.	Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции	Рентгеновские трубки, синхротроны 3–4 поколения, XFEL, нейтронные источники, электронная дифракция, детекторы и современные дифрактометрические комплексы.
5.	Методология дифракционного эксперимента и sample environment	Подготовка образцов, геометрия измерений, порошковая и монокристаллическая дифракция, in situ и operando методы, криостаты, ячейки высокого давления, нагрев и механическое нагружение.
6.	Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ	Фазовый анализ, количественный анализ, определение параметров решётки, размер кристаллитов, микродеформации, текстура, метод Ритвельда и уточнение структур.
7.	Практическое применение дифракционных методов	Металлы и сплавы, керамики, полимеры, композиты, фармацевтические материалы, катализаторы, энергетические и полупроводниковые системы.
8.	Контроль качества и обработка дифракционных данных	Калибровка приборов, источники ошибок, статистическая обработка, оценка неопределённостей, верификация структурных

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в дифракционные методы исследования.

Вопросы для обсуждения: Определение дифракции и её роль в исследовании материалов. Типы излучения, применяемые в дифракционных методах: рентгеновское, электроны, нейтроны. Основные задачи дифракционного анализа в наукоёмких производствах.

Тема 2: Теоретические основы дифракции и рассеяния

Вопросы для обсуждения: Интерференция волн, рассеянных кристаллической решёткой. Понятие обратной решётки и её связь с дифракционной картиной. Интенсивность дифракционных максимумов и структурный фактор.

Тема 3: Кристаллография и современные структурные модели материалов

Вопросы для обсуждения: Основные понятия кристаллографии: элементарная ячейка, сингонии, пространственные группы. Влияние дефектов кристаллической решётки на дифракционную картину. Особенности дифракционных спектров аморфных и поликристаллических материалов.

Тема 4: Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции

Вопросы для обсуждения: Источники рентгеновского излучения: рентгеновские трубки, синхротроны. Генерация электронов и нейтронов для дифракции. Монохроматоры и фильтры.

Тема 5: Методология дифракционного эксперимента и sample environment

Вопросы для обсуждения: Подготовка образцов для дифракционного анализа. Выбор геометрии съёмки. Влияние температуры, давления, окружающей среды на результаты.

Тема 6: Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ

Вопросы для обсуждения: Сущность порошковой дифракции и получение дифрактограммы. Идентификация фаз по эталонным базам данных. Качественный и количественный фазовый анализ.

Тема 7: Практическое применение дифракционных методов

Вопросы для обсуждения: Анализ остаточных напряжений и текстуры. Мониторинг фазовых превращений при термообработке.

Тема 8: Контроль качества и обработка дифракционных данных

Вопросы для обсуждения: Оценка точности и воспроизводимости дифракционных измерений.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в дифракционные методы исследования.

Вопросы для обсуждения: Ознакомление с рабочим местом рентгеновского дифрактометра. Техника безопасности при работе с рентгеновским излучением. Получение дифрактограммы эталонного образца.

Тема 2: Теоретические основы дифракции и рассеяния

Вопросы для обсуждения: Расчёт межплоскостных расстояний по углам дифракции. Индексирование дифракционных максимумов.

Тема 3: Кристаллография и современные структурные модели материалов

Вопросы для обсуждения: Построение модели кристаллической решётки по набору

дифракционных отражений. Идентификация сингонии по рентгенограмме. Определение систематических погасаний.

Тема 4: Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции

Вопросы для обсуждения: Настройка дифрактометра. Выбор режимов съёмки. Запись дифрактограммы неизвестного образца.

Тема 5: Методология дифракционного эксперимента и sample environment

Вопросы для обсуждения: Подготовка порошкового образца для съёмки. Использование держателей и капилляров.

Тема 6: Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ

Вопросы для обсуждения: Идентификация фаз в многофазном образце с использованием программного обеспечения. Построение концентрационной зависимости параметров решётки для твёрдых растворов.

Тема 7: Практическое применение дифракционных методов

Вопросы для обсуждения: Интерпретация дифрактограмм для реальных производственных ситуаций.

Тема 8: Контроль качества и обработка дифракционных данных

Вопросы для обсуждения: Количественный фазовый анализ методом внутреннего стандарта. Оценка достоверности результатов.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Введение в дифракционные методы исследования	Ознакомление с устройством рентгеновского дифрактометра и правилами техники безопасности
2.	Теоретические основы дифракции и рассеяния	Определение межплоскостных расстояний и параметров элементарной ячейки по дифрактограмме эталонного образца
3.	Кристаллография и современные структурные модели материалов	Построение модели кристаллической решётки и идентификация сингонии по набору дифракционных отражений
4.	Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции	Настройка режимов съёмки и запись дифрактограммы неизвестного порошкового образца
5.	Методология дифракционного эксперимента и sample environment	Влияние размера частиц и способа подготовки образца на качество дифрактограммы
6.	Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ	Качественный и количественный фазовый анализ многофазного образца с использованием баз данных
7.	Практическое применение дифракционных методов	Определение остаточных напряжений и текстуры в деформированном металлическом образце
8.	Контроль качества и обработка дифракционных данных	Обработка профиля дифрактограммы для расчёта размера кристаллитов и микронапряжений

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Введение в дифракционные методы исследования. Теоретические основы дифракции и рассеяния. Кристаллография и современные структурные модели материалов. Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции. Методология дифракционного эксперимента и sample environment. Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ. Практическое применение дифракционных методов. Контроль качества и обработка дифракционных данных.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт межплоскостных расстояний и параметров элементарной ячейки. Индексирование дифракционных максимумов. Определение сингонии по рентгенограмме. Идентификация фаз по эталонным базам данных. Количественный фазовый анализ методом внутреннего стандарта. Расчёт размера кристаллитов и микронапряжений по профилю дифрактограммы.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы дифракции. Кристаллографические понятия и сингонии. Устройство и принцип работы дифрактометра. Подготовка образцов и методология эксперимента. Качественный и количественный фазовый анализ. Метод Ритвельда. Определение параметров решётки и размера кристаллитов. Применение дифракционных методов в материаловедении и контроле качества.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении

обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в дифракционные методы исследования	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Теоретические основы дифракции и рассеяния	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Кристаллография и современные структурные модели материалов	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Источники излучения и аппаратное обеспечение дифракции	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Методология дифракционного эксперимента и sample environment	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Порошковая рентгеновская дифракция и структурный анализ	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Практическое применение дифракционных методов	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Контроль качества и обработка дифракционных данных	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	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 дифракционные методы исследования»

- Что такое дифракция?**
 - Отражение волн от поверхности
 - Преломление волн на границе двух сред
 - Огибание волнами препятствий, соизмеримых с длиной волны
 - Поглощение волн веществом
- Какое излучение наиболее часто используется в дифракционных методах исследования материалов?**
 - Ультрафиолетовое
 - Рентгеновское
 - Инфракрасное
 - Радиоволны
- Какой закон описывает условие дифракции рентгеновских лучей на кристалле?**
 - Закон Бугера-Ламберта-Бера
 - Закон Вульфа-Брэгга

- в) Закон Мозли
 - г) Закон Ома
4. **Что позволяет определить метод порошковой рентгеновской дифракции?**
- а) Элементный состав материала
 - б) Механические свойства
 - в) Фазовый состав и кристаллическую структуру
 - г) Электропроводность
5. **Какая информация содержится в положении дифракционных максимумов на рентгенограмме?**
- а) Размер кристаллитов
 - б) Межплоскостные расстояния и параметры элементарной ячейки
 - в) Концентрация примесей
 - д) Температура плавления
6. **Что такое синхротронное излучение?**
- а) Излучение рентгеновской трубки
 - б) Электромагнитное излучение, испускаемое ускоренными заряженными частицами в магнитном поле
 - в) Лазерное излучение
 - г) Тепловое излучение
7. **Какой тип излучения даёт наиболее высокую интенсивность для дифракционных экспериментов?**
- а) Рентгеновская трубка
 - б) Синхротронное излучение
 - в) Нейтронное излучение
 - г) Электронное излучение
8. **Что характеризует структурный фактор в дифракции?**
- а) Расположение атомов в элементарной ячейке
 - б) Размер кристалла
 - в) Длину волны излучения
 - г) Температуру образца
9. **Какие задачи решаются с помощью дифракционных методов в материаловедении?**
- а) Определение химического состава
 - б) Идентификация кристаллических фаз и анализ текстуры
 - в) Измерение твёрдости
 - г) Определение плотности
10. **Что такое обратная решётка?**
- а) Решётка, в которой узлы соответствуют возможным дифракционным отражениям
 - б) Решётка, получаемая поворотом исходной
 - в) Решётка, описывающая дефекты кристалла
 - г) Решётка, используемая для расчёта объёма ячейки
11. **Какой метод используют для уточнения кристаллической структуры по порошковым данным?**
- а) Метод наименьших квадратов
 - б) Метод Ритвельда
 - в) Метод Монте-Карло
 - г) Метод конечных элементов
12. **Что определяет ширину дифракционного пика на рентгенограмме?**
- а) Размер областей когерентного рассеяния (кристаллитов) и микронапряжения
 - б) Только химический состав
 - в) Плотность материала
 - г) Энергию излучения

13. Для чего используются дифракционные методы при контроле качества продукции?
- а) Для измерения размеров деталей
 - б) Для проверки соответствия фазового состава эталону
 - в) Для испытаний на прочность
 - г) Для определения шероховатости
14. Какое оборудование является основным для рентгеновской дифракции?
- а) Электронный микроскоп
 - б) Рентгеновский дифрактометр
 - в) Спектрофотометр
 - г) Масс-спектрометр
15. Что такое «sample environment» в дифракционном эксперименте?
- а) Условия окружающей среды (температура, давление, газ) при измерении
 - б) Подготовка образца к съёмке
 - в) Программное обеспечение для обработки данных
 - г) Тип детектора

Пример лабораторной работы:

Тема: Ознакомление с устройством рентгеновского дифрактометра и правилами техники безопасности

Цель работы

Изучение устройства, принципа работы и основных узлов рентгеновского дифрактометра, освоение правил техники безопасности при работе с рентгеновским излучением, приобретение навыков включения, выключения и начальной настройки прибора.

Теоретическая часть

Рентгеновский дифрактометр предназначен для исследования кристаллической структуры материалов методом рентгеновской дифракции (XRD). Основные узлы:

- **Источник рентгеновского излучения** (рентгеновская трубка с анодом Cu, Co, Fe и др.).
- **Система коллимации** (щели, монохроматор, фильтры).
- **Гониометр** (устройство для точного вращения образца и детектора).
- **Детектор** (сцинтилляционный, полупроводниковый, позиционно-чувствительный).
- **Система управления и обработки данных.**

Принцип действия основан на регистрации углового распределения интенсивности рентгеновских лучей, дифрагированных на кристаллической решётке образца. Гониометр обеспечивает сканирование под углами 2θ , а детектор преобразует кванты в электрические сигналы.

Основные режимы съёмки: непрерывное сканирование, пошаговое сканирование, быстрая съёмка.

Задания

1. Изучение устройства дифрактометра (30 мин)

- Ознакомиться с внешним видом дифрактометра и расположением основных узлов (рентгеновская трубка, гониометр, детектор, пульт управления).
- Зарисовать схему оптической схемы прибора (источник → щели → образец → детектор).
- Идентифицировать все органы управления и индикации на пульте.
- Определить тип анода рентгеновской трубки (по паспорту прибора).

2. Ознакомление с правилами техники безопасности (20 мин)

- Изучить инструкцию по охране труда при работе с рентгеновским дифрактометром.
- Обратить внимание на: предельно допустимую мощность, процедуру включения/выключения, действия в аварийных ситуациях.
- Ознакомиться с расположением аварийной кнопки отключения высокого напряжения.
- Получить допуск у преподавателя к практической работе.

3. Включение и начальная настройка (под наблюдением преподавателя)

- Проверить внешнее состояние прибора, целостность кабелей, заземление.
- Включить питание прибора (тумблер «Сеть»).
- Включить блок высокого напряжения (после прогрева – согласно инструкции).
- Установить рабочие параметры: напряжение (обычно 40 кВ), ток (30–40 мА).
- Установить образец (эталонный образец, например, кремний или корунд).
- Запустить тестовое сканирование в диапазоне 2θ от 10° до 80° (скорость $2^\circ/\text{мин}$).
- Наблюдать вывод дифрактограммы на экран компьютера.

4. Регистрация эталонной дифрактограммы

- Выбрать режим пошагового сканирования (шаг $0,02^\circ$, время накопления 1 с).
- Записать дифрактограмму эталонного образца.
- Сохранить файл с расширением .raw или .uxd.
- Определить по пикам положение максимумов (углы 2θ) и их относительную интенсивность.

5. Выключение прибора

- По команде преподавателя снизить ток и напряжение до нуля.
- Выключить высокое напряжение.
- Выключить питание прибора.
- Привести рабочее место в порядок.

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Схема устройства дифрактометра с указанием основных узлов.
3. Основные параметры работы прибора (тип анода, напряжение, ток).
4. Контрольные вопросы (письменные ответы).
5. Вывод о проделанной работе.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Сущность дифракции. Условия возникновения дифракционной картины. Типы излучения, используемые в дифракционных методах (рентгеновское, электронное, нейтронное).
2. Закон Вульфа-Брэгга: вывод, физический смысл, практическое применение.
3. Понятие обратной решётки. Связь между прямой и обратной решёткой. Условие дифракции в обратном пространстве.
4. Структурный фактор и его роль в определении интенсивности дифракционных отражений. Правила погасаний для центрированных решёток.
5. Основные понятия кристаллографии: элементарная ячейка, сингонии, пространственные группы симметрии.
6. Влияние дефектов кристаллической решётки (дислокации, вакансии, деформации) на дифракционную картину.
7. Особенности дифракции на поликристаллических и аморфных материалах (широкие гало, уширение пиков).
8. Рентгеновские трубки: устройство, принцип работы, характеристическое и тормозное излучение. Выбор материала анода.
9. Синхротронное излучение: получение, свойства, преимущества для дифракционного эксперимента.
10. Устройство и принцип работы рентгеновского дифрактометра (геометрия Брэгга-Брентано, гониометр, детекторы).
11. Монохроматоры, фильтры и щели в дифрактометрии. Их назначение и влияние на качество данных.
12. Методология подготовки порошковых образцов для рентгеновской дифракции (гомогенизация, размер частиц, способы нанесения).

13. Геометрия съёмки: непрерывное сканирование, пошаговое сканирование, режим быстрой регистрации.
14. Факторы, влияющие на разрешение и точность дифрактометра (калибровка, настройка, внешние условия).
15. Понятие «sample environment»: проведение дифракционных экспериментов при нестандартных условиях (температура, давление, газовая атмосфера).
16. Метод порошковой рентгеновской дифракции: получение дифрактограммы, идентификация фаз по базам данных (PDF-2, ICSD, COD).
17. Качественный фазовый анализ: принципы, алгоритм поиска, надёжность идентификации.
18. Количественный фазовый анализ: метод внутреннего стандарта (расчёт массовых долей фаз).
19. Метод Ритвельда: назначение, основные этапы, параметры уточнения (фон, профиль пика, параметры решётки, атомные координаты).
20. Определение параметров элементарной ячейки по дифрактограмме (индентификация рефлексов, экстраполяционные методы).
21. Определение размера областей когерентного рассеяния (кристаллитов) и микронапряжений по уширению дифракционных пиков (формула Шеррера, метод Вильямсона-Холла).
22. Анализ остаточных напряжений в материалах с помощью дифракции ($\sin^2\psi$ -метод).
23. Изучение текстуры (предпочтительной ориентации кристаллитов) с использованием полюсных фигур.
24. Применение дифракционных методов в материаловедении, металлургии, нанотехнологиях, фармацевтике, геологии.
25. Обработка дифракционных данных: фильтрация шума, коррекция фона, сглаживание, профильный анализ

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100

Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Матвеев, Н. А. Теоретические основы и практика рентгеновской дифракции: учебник для вузов / Н. А. Матвеев, В. Е. Дмитриенко. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательский дом МИСиС, 2015. – 348 с. – ISBN 978-5-87623-860-3. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/546226>
2. Вознесенский, Э. Ф. Методы исследования материалов. Методы микроскопии и дифракции: учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2025. – 112 с. – ISBN 978-5-7882-3585-1. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/876199>

Дополнительная литература:

1. Иванов, А. Н. Анализ несовершенств кристаллического строения по профилю и

интенсивности рентгеновских отражений: учебное пособие / А. Н. Иванов, А. М. Поляков. – Москва: МИСиС, 2002. – 78 с. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/751982>

2. Уваров, Н. Ф. Химия твердого тела. Физические методы исследований: учебное пособие / Н. Ф. Уваров, Ю. Г. Матейшина. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – 72 с. – ISBN 978-5-7782-4247-0. – Текст : электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/778700>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы исследования элементного и химического состава».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических принципах современных инструментальных методов элементного и химического анализа, а также практических навыков пробоподготовки, проведения локального анализа и исследования поверхности материалов для решения задач прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: теоретические основы инструментальных методов анализа, включая оптические, рентгеновские, масс-спектрометрические, локальные и электрохимические методы, а также принципы пробоподготовки, достаточные для описания физических свойств материалов и прогнозирования характеристик процессов. Уметь: описывать физические свойства материалов на основе данных элементного и химического анализа и прогнозировать характеристики процессов их получения и применения с учётом требований конкретных технологий, обосновывать выбор методов анализа для определения состава и интерпретировать полученные данные. Владеть: навыками описания физических свойств на основе данных анализа, методами прогнозирования характеристик процессов, способами интерпретации результатов для оценки состава и свойств материалов, приемами применения аналитических методов для решения

		технологических задач, а также навыками обоснования выбора методов анализа для конкретных приложений.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: теоретические основы оптических, рентгеновских, масс-спектрометрических, локальных и электрохимических методов анализа, принципы пробоподготовки, современное приборное обеспечение и методологию интерпретации данных, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач и разработки технологических требований. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач на основе аналитических методов исследования элементного и химического состава, разрабатывать технологические требования к используемым средствам и методам в конкретных приложениях, обосновывать выбор методов анализа для достижения требуемой точности, чувствительности и достоверности результатов. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов анализа, способами разработки технологических требований к методам исследования, приемами выбора оптимальных аналитических подходов для конкретных задач, методами пробоподготовки и интерпретации данных, а также навыками применения аналитических методов для решения наукоемких задач в различных сферах жизнедеятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы исследования элементного и химического состава» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы дисциплины	Метрологические основы аналитической химии, классификация методов, отбор проб и общие принципы организации аналитических исследований.
2.	Теоретические основы инструментальных методов	Физические принципы взаимодействия излучения с веществом, закономерности движения ионов в полях, основы атомной и молекулярной спектроскопии.
3.	Пробоподготовка в элементном и химическом анализе	Способы разложения, автоклавная и микроволновая минерализация, спекание, экстракция и концентрирование для твердых, жидких и биообъектов.
4.	Оптические и рентгеновские методы анализа	Теория и практика атомно-абсорбционной, атомно-эмиссионной и рентгенофлуоресцентной спектрометрии, лазерно-искровая спектроскопия.
5.	Масс-спектрометрические методы	Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), вторично-ионная масс-спектрометрия, основы хромато-масс-спектрометрии.
6.	Локальный анализ и методы исследования поверхности	Электронно-зондовый микроанализ, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, растровая электронная микроскопия с ЭДС-микроанализом.
7.	Электрохимические методы анализа	Потенциометрия, вольтамперометрия, кулонометрия и кондуктометрия как методы следового и рутинного анализа.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Роль элементного и химического анализа в наукоёмких производствах. Классификация методов анализа.

Тема 2: Теоретические основы инструментальных методов

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие излучения. Спектральные характеристики. Природа аналитических сигналов.

Тема 3: Пробоподготовка в элементном и химическом анализе

Вопросы для обсуждения: Отбор и усреднение пробы. Разложение твёрдых образцов. Растворение. Фильтрация, концентрирование, разделение

Тема 4: Оптические и рентгеновские методы анализа

Вопросы для обсуждения: Атомно-эмиссионная спектроскопия

Тема 5: Масс-спектрометрические методы

Вопросы для обсуждения: Принципы масс-спектрометрии. Ионизация.

Тема 6: Локальный анализ и методы исследования поверхности

Вопросы для обсуждения: Электронная микроскопия с энергодисперсионной спектроскопией.

Тема 7: Электрохимические методы анализа

Вопросы для обсуждения: Потенциометрия. Вольтамперометрия. Кулонометрия.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Классификация аналитических методов. Выбор метода для конкретной задачи.

Тема 2: Теоретические основы инструментальных методов

Вопросы для обсуждения: Расчёт концентраций по градуировочному графику. Оценка предела обнаружения. Обработка результатов анализа

Тема 3: Пробоподготовка в элементном и химическом анализе

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы пробоподготовки для твёрдого образца заданного состава.

Тема 4: Оптические и рентгеновские методы анализа

Вопросы для обсуждения: Идентификация элементного состава по спектру. Полуколичественный анализ.

Тема 5: Масс-спектрометрические методы

Вопросы для обсуждения: Интерпретация масс-спектра неорганического материала. Расчёт изотопных отношений.

Тема 6: Локальный анализ и методы исследования поверхности

Вопросы для обсуждения: Оценка состава включений в металле.

Тема 7: Электрохимические методы анализа

Вопросы для обсуждения: Вольтамперограмма – определение потенциалов пиков, идентификация вещества. Расчёт концентрации по высоте пика.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Основы дисциплины	Ознакомление с аналитическим оборудованием и правилами техники безопасности в лаборатории
2.	Теоретические основы инструментальных методов	Построение градуировочного графика и оценка метрологических характеристик
3.	Пробоподготовка в элементном и	Микроволновое разложение твёрдых

	химическом анализе	образцов для последующего анализа
4.	Оптические и рентгеновские методы анализа	Качественный и количественный анализ сплава методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии
5.	Масс-спектрометрические методы	Определение следовых элементов в растворе методом ИСП-МС
6.	Локальный анализ и методы исследования поверхности	Анализ элементного состава включений методом энергодисперсионной спектроскопии в РЭМ
7.	Электрохимические методы анализа	Потенциометрическое определение рН и ионов методом ионоселективных электродов

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы дисциплины. Теоретические основы инструментальных методов. Пробоподготовка в элементном и химическом анализе. Оптические и рентгеновские методы анализа. Масс-спектрометрические методы. Локальный анализ и методы исследования поверхности. Электрохимические методы анализа.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Основы дисциплины. Теоретические основы инструментальных методов. Пробоподготовка. Оптические и рентгеновские методы. Масс-спектрометрические методы. Локальный анализ и методы исследования поверхности. Электрохимические методы анализа.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основы дисциплины. Теоретические основы инструментальных методов. Пробоподготовка. Оптические и рентгеновские методы анализа. Масс-спектрометрические методы. Локальный анализ. Электрохимические методы анализа.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое

обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы дисциплины	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Теоретические основы инструментальных методов	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Пробоподготовка в элементном и химическом анализе	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Оптические и рентгеновские методы анализа	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Масс-спектрометрические методы	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Локальный анализ и методы исследования поверхности	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Электрохимические методы анализа	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	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 «Теоретические основы инструментальных методов»

1. Что является аналитическим сигналом в оптических методах анализа?

- Температура образца
- Интенсивность поглощения или испускания излучения
- Электропроводность раствора
- Масса образца

2. **Как называется зависимость интенсивности аналитического сигнала от концентрации определяемого вещества?**
 - а) Спектр
 - б) Градуировочная характеристика
 - в) Кинетическая кривая
 - г) Хроматограмма
3. **Какой закон лежит в основе количественного абсорбционного спектрального анализа?**
 - а) Закон Ома
 - б) Закон Бугера-Ламберта-Бера
 - в) Закон Вант-Гоффа
 - г) Закон действующих масс
4. **Что такое предел обнаружения метода анализа?**
 - а) Максимальная концентрация, которую можно измерить
 - б) Минимальная концентрация, которую можно надёжно зарегистрировать
 - в) Концентрация, при которой сигнал равен нулю
 - г) Концентрация, соответствующая середине градуировочного графика
5. **Какой параметр характеризует чувствительность метода?**
 - а) Предел обнаружения
 - б) Воспроизводимость
 - в) Производительность
 - г) Стоимость анализа
6. **Что такое калибровка в инструментальном анализе?**
 - а) Настройка прибора на нуль
 - б) Установление зависимости сигнала от концентрации с помощью стандартных образцов
 - в) Проверка чистоты реактивов
 - г) Очистка измерительной ячейки
7. **Какой вид погрешности возникает из-за нестабильности работы прибора?**
 - а) Систематическая
 - б) Случайная
 - в) Грубая
 - г) Абсолютная
8. **Для оценки правильности результатов анализа используется:**
 - а) Стандартное отклонение
 - б) Анализ стандартного образца с известным содержанием
 - в) Построение градуировочного графика
 - г) Фильтрация пробы
9. **Что такое матричный эффект в анализе?**
 - а) Влияние компонентов пробы, кроме определяемого вещества, на аналитический сигнал
 - б) Эффект, связанный с формой пробы
 - в) Эффект, вызванный температурой окружающей среды
 - г) Эффект, связанный с загрязнением посуды
10. **Какой метод калибровки используется для учёта матричных эффектов?**
 - а) Метод внешнего стандарта
 - б) Метод добавок
 - в) Метод внутреннего стандарта
 - г) Метод градуировочной кривой без холостого опыта
11. **Что такое селективность метода анализа?**
 - а) Способность измерять концентрацию компонента в присутствии других веществ
 - б) Чувствительность метода
 - в) Скорость выполнения анализа
 - г) Воспроизводимость результатов

12. **Какое из перечисленных явлений используется в атомно-эмиссионной спектроскопии?**
- а) Поглощение света свободными атомами
 - б) Испускание света возбуждёнными атомами
 - в) Рассеяние света частицами
 - г) Флуоресценция молекул
13. **Что такое холостой опыт?**
- а) Анализ пробы без определяемого компонента для учёта фона
 - б) Повторный анализ той же пробы
 - в) Анализ с изменением температуры
 - г) Калибровка прибора
14. **Какой параметр описывает воспроизводимость результатов анализа?**
- а) Правильность
 - б) Относительное стандартное отклонение
 - в) Предел обнаружения
 - г) Чувствительность
15. **Что лежит в основе большинства спектроскопических методов?**
- а) Изменение массы вещества
 - б) Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом
 - в) Изменение температуры при химической реакции
 - г) Электрическое сопротивление

Пример задания лабораторной работы:

Тема: Ознакомление с аналитическим оборудованием и правилами техники безопасности в лаборатории

Оборудование и материалы

- Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) или макет
- Рентгенофлуоресцентный спектрометр (макет или учебный стенд)
- Масс-спектрометр (учебная модель или презентация)
- рН-метр, иономер
- Весы аналитические, вытяжной шкаф
- Набор химической посуды, средства индивидуальной защиты (халат, перчатки, защитные очки)
- Инструкции по эксплуатации приборов и журналы техники безопасности

Теоретическая часть

Аналитическое оборудование в лабораториях элементного и химического анализа разнообразно и включает оптические, рентгеновские, масс-спектрометрические, электрохимические приборы. Каждый тип имеет свои особенности устройства и потенциальные опасности.

Основные группы оборудования:

- Спектральные приборы (ИСП-АЭС, ИСП-МС, атомно-абсорбционные спектрометры) – работают с высокочастотными полями, плазмой, горючими газами.
- Рентгенофлуоресцентные спектрометры – источник рентгеновского излучения.
- Масс-спектрометры – высокий вакуум, высокое напряжение.
- Электрохимические анализаторы – работа с жидкими агрессивными средами.

Правила техники безопасности:

- Допуск к работе только после инструктажа и проверки знаний.
- Использование средств индивидуальной защиты.
- Работа с кислотами, щелочами, органическими растворителями только в вытяжном шкафу.
- При работе с ИСП-приборами – контроль утечек газов, наличие вентиляции.
- Рентгеновское оборудование – защитный кожух, блокировки, дозиметрический контроль.

- Запрещается оставлять работающие приборы без присмотра.
- Аварийное отключение, оказание первой помощи.

Задания

1. Изучение структуры и устройства аналитического оборудования

- Пройти по лаборатории, ознакомиться с имеющимися приборами (внешний вид, назначение).
- Зарисовать или сфотографировать один из приборов (по указанию преподавателя).
- Указать его основные узлы (источник возбуждения, аналитический блок, детектор, система управления).

2. Ознакомление с паспортами и инструкциями

- Прочитать выдержки из инструкции по эксплуатации прибора, назначенного преподавателем.
- Выписать рабочие параметры: мощность, газы, диапазон измеряемых концентраций.
- Изучить раздел «Меры безопасности».

3. Изучение правил техники безопасности

- Записать в рабочую тетрадь основные правила работы с конкретным прибором (не менее 5 пунктов).
- Ознакомиться с журналом инструктажей и расписаться в соответствующем листе.
- Узнать расположение средств индивидуальной защиты, аптечки, огнетушителя.

4. Практическое освоение пробоподготовительного оборудования

- В вытяжном шкафу (под наблюдением преподавателя) ознакомиться с посудой для разложения проб (стаканы, колбы, автоклавы).
- Изучить принцип работы микроволновой системы разложения (при наличии).
- Отработать правила взвешивания на аналитических весах.

5. Проверка знаний техники безопасности

- Пройти устный опрос у преподавателя по правилам поведения в лаборатории, действиям в аварийной ситуации.
- Получить допуск к дальнейшим лабораторным работам.

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Список оборудования, с которым ознакомились.
3. Схема или фотография прибора с подписями узлов.
4. Таблица с характеристиками прибора (название, тип, диапазон, особые условия).
5. Выписанные правила техники безопасности (не менее 10 пунктов общего и специфического характера).
6. Подпись о прохождении инструктажа (в журнале и в отчёте).

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Предмет и задачи дисциплины. Роль элементного и химического анализа в наукоёмких производствах. Классификация методов анализа.
2. Теоретические основы инструментальных методов. Взаимодействие излучения с веществом. Природа аналитического сигнала.
3. Закон Бугера-Ламберта-Бера и его применение в количественном анализе.
4. Калибровка и градуировка в инструментальном анализе. Методы внешнего стандарта, добавок, внутреннего стандарта.
5. Предел обнаружения, чувствительность, селективность, правильность и воспроизводимость методов анализа.

6. Пробоподготовка в элементном и химическом анализе: отбор, усреднение, разложение твёрдых образцов кислотное, щелочное, микроволновое, сплавление.
7. Оптические методы анализа: атомно-эмиссионная спектроскопия с источниками возбуждения дуга, искра, индуктивно-связанная плазма.
8. Атомно-абсорбционная спектроскопия: принцип, устройство, области применения, преимущества и ограничения.
9. Рентгенофлуоресцентный анализ: физические основы, аппаратура, качественный и количественный анализ.
10. Масс-спектрометрические методы: принципы ионизации, типы масс-анализаторов квадруполь, времяпролётный, магнитный.
11. ИСП-МС как высокочувствительный метод элементного анализа. Определение следовых и ультраследовых концентраций, изотопный анализ.
12. Локальный анализ и методы исследования поверхности: энергодисперсионная спектроскопия в растровом электронном микроскопе.
13. Оже-электронная спектроскопия и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия: принципы, информация о поверхностном слое, химическом состоянии элементов.
14. Вторично-ионная масс-спектрометрия: принцип, профилирование по глубине, трёхмерная визуализация распределения элементов.
15. Электрохимические методы анализа: потенциометрия с ионоселективными электродами, рН-метрия.
16. Вольтамперометрия: принцип, применение для определения металлов и органических веществ.
17. Кулонометрия и кондуктометрия: основы, области применения в элементном анализе.
18. Проблемы пробоподготовки и метрологического обеспечения: минимизация загрязнений, стандартные образцы, оценка неопределённости измерений.
19. Выбор метода анализа в зависимости от решаемой задачи: элементный состав сплавов, примеси в высокочистых материалах, анализ покрытий и поверхностных слоёв.
20. Современные тенденции в развитии методов элементного и химического анализа: гибридные методы, автоматизация, аналитика в реальных условиях.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и	отлично	зачтено	86-100

		прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Дубков, М. В. Физические основы инструментальных методов анализа вещества. Физические методы: учебное пособие / М. В. Дубков, А. Е. Малютин, М. А. Буробин, и др. — Москва: КУРС, 2025. — 176 с. — ISBN 978-5-906923-32-5. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/2178538>

Дополнительная литература:

1. Смирнов, А. Д. Аналитическая химия. Часть 2. Количественный анализ (оптические, рентгенофазовый и рентгеноструктурный методы): методические указания / А. Д. Смирнов, А. М. Голубев, В. Н. Горячева [и др.]. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 40 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/826534>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы оптической спектроскопии».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах оптической спектроскопии, а также практических навыков их применения для анализа структуры, состава и свойств материалов в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физико-химические основы оптической спектроскопии, аппаратное обеспечение и метрологические подходы к проведению измерений, методы интерпретации спектральных данных для анализа структуры и свойств веществ, достаточные для описания физических свойств и прогнозирования характеристик процессов с учётом требований приложений и технологий. Уметь: описывать физические свойства материалов и прогнозировать характеристики процессов на основе спектроскопических данных, обосновывать выбор методов оптической спектроскопии для решения конкретных задач, интерпретировать спектральные данные для оценки свойств и структуры веществ, учитывать требования приложений и технологий при планировании экспериментов. Владеть: навыками описания физических свойств на основе спектральных данных, методами прогнозирования характеристик процессов, способами интерпретации спектральных результатов, приемами проведения анализа и обоснования выбора методов для решения

		технологических задач.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: физико-химические и квантово-механические основы оптической спектроскопии, аппаратное обеспечение и метрологические подходы к проведению спектрометрических измерений, методы интерпретации спектральных данных для структурного анализа веществ, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач и разработки технологических требований. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач на основе методов оптической спектроскопии, разрабатывать технологические требования к используемым средствам и методам в конкретных приложениях, обосновывать выбор спектроскопических методов, планировать эксперименты и интерпретировать спектральные данные. Владеть: навыками работы с аппаратным обеспечением спектрометрических измерений, методами качественного и количественного анализа, способами интерпретации спектральных данных, приемами верификации и оценки достоверности результатов, а также навыками применения оптической спектроскопии для решения наукоемких задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы оптической спектроскопии» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной

аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физико-химические основы оптической спектроскопии	Природа электромагнитного излучения, механизмы взаимодействия фотонов с веществом и квантовые переходы
2.	Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов	Правила отбора, энергетические уровни атомов и молекул, концепция виртуальных состояний
3.	Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии	Закон Бугера-Ламберта-Бера, анализ спектров поглощения и испускания в УФ и видимой областях
4.	Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений	Устройство современных спектрометров: источники излучения, монохроматоры, детекторы и регистрирующие системы
5.	Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов	Выбор метода анализа в зависимости от объекта, подготовка проб и оптимизация параметров съемки спектров
6.	Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ	Алгоритмы идентификации функциональных групп, анализ химических сдвигов и определение строения молекул
7.	Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях	Практическая реализация измерений в УФ, видимом и ИК-диапазонах, определение концентрации компонентов
8.	Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов	Методы калибровки приборов, расчет погрешностей, определение пределов обнаружения и воспроизводимости
9.	Спектроскопия комбинационного рассеяния и	Физика Рамановского эффекта, КР-спектрометрия и применение методов сверхбыстрой спектроскопии

	высокоразрешающие методы	

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физико-химические основы оптической спектроскопии.

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Спектры поглощения, испускания и рассеяния. Энергетические уровни атомов и молекул. Понятие о спектральных переходах. Классификация оптических спектров.

Тема 2: Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов.

Вопросы для обсуждения: Правила отбора для электронных переходов. Колебательные и вращательные уровни.

Тема 3: Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Закон Бугера-Ламберта-Бера. Молярный коэффициент экстинкции. Спонтанное и вынужденное излучение.

Тема 4: Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений

Вопросы для обсуждения: Источники сплошного и линейчатого спектров. Монохроматоры и спектрографы.

Тема 5: Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов

Вопросы для обсуждения: Выбор метода анализа в зависимости от задачи. Подготовка образцов. Выбор диапазона длин волн.

Тема 6: Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ

Вопросы для обсуждения: Идентификация пиков по базам данных. Определение функциональных групп по ИК-спектрам.

Тема 7: Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях

Вопросы для обсуждения: УФ-видимая спектроскопия для определения концентраций. ИК-спектроскопия для идентификации веществ.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов

Вопросы для обсуждения: Погрешности измерений (систематические и случайные). Чувствительность и предел обнаружения.

Тема 9: Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы

Вопросы для обсуждения: Принцип комбинационного рассеяния. Гигантское комбинационное рассеяние.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Физико-химические основы оптической спектроскопии.

Вопросы для обсуждения: Расчет энергии фотона по длине волны. Идентификация типов переходов по положению полос. Определение ширины запрещенной зоны по спектру поглощения.

Тема 2: Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов.

Вопросы для обсуждения: Построение диаграмм энергетических уровней. Анализ колебательной структуры спектров. Оценка энергии колебательных квантов.

Тема 3: Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Построение калибровочных графиков. Определение квантового выхода люминесценции.

Тема 4: Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений
Вопросы для обсуждения: Настройка спектрофотометра. Выбор щелей, скорости сканирования. Регистрация спектра эталонного образца.

Тема 5: Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов
Вопросы для обсуждения: Разработка схемы пробоподготовки для конкретного материала. Составление плана измерений. Подготовка растворов для калибровки.

Тема 6: Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ
Вопросы для обсуждения: Расчет концентрации по калибровочной кривой. Оценка погрешности.

Тема 7: Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях

Вопросы для обсуждения: Проведение количественного анализа сплава методом атомно-эмиссионной спектроскопии.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов
Вопросы для обсуждения: Расчет среднего, стандартного отклонения, доверительного интервала. Сравнение результатов с аттестованным значением.

Тема 9: Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы
Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектра КР кристаллического образца. Определение сдвига частот.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1.	Физико-химические основы оптической спектроскопии	Изучение спектров поглощения окрашенных растворов в видимой области
2.	Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов	Анализ колебательной структуры электронных спектров паров иода
3.	Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии	Определение концентрации вещества методом градуировочного графика по УФ-спектру
4.	Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений	Изучение устройства и юстировка спектрофотометра
5.	Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов	Разработка методики пробоподготовки и проведение абсорбционного анализа сплава
6.	Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ	Идентификация функциональных групп органического соединения по ИК-спектру
7.	Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях	Количественный анализ многокомпонентной смеси методом спектрофотометрии
8.	Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов	Оценка погрешности и предела обнаружения при спектрофотометрическом определении иона металла
9.	Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие	Регистрация и интерпретация спектра комбинационного рассеяния

	методы	кристаллического образца

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физико-химические основы оптической спектроскопии. Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов. Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии. Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений. Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов. Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ. Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях. Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов. Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Построение калибровочных графиков и расчёт концентраций. Расчёт энергии фотонов, частот переходов, параметров спектральных линий. Идентификация функциональных групп по ИК-спектрам. Обработка спектральных данных (сглаживание, коррекция фона, поиск пиков). Количественный анализ многокомпонентных систем. Расчёт погрешностей и предела обнаружения.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы оптической спектроскопии. Устройство и принцип работы спектрофотометра, монохроматора, детекторов. Закон Бугера-Ламберта-Бера, его применение. Методы пробоподготовки и калибровки. Качественный и количественный анализ в УФ, видимой и ИК-областях. Комбинационное рассеяние и его применение. Метрология в спектроскопии, оценка достоверности результатов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических

данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физико-химические основы оптической спектроскопии	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Квантово-механические основы электронных и колебательных переходов	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Теоретические основы абсорбционной и эмиссионной спектроскопии	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Технические средства и аппаратное обеспечение спектрометрических измерений	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Методика планирования и подготовки спектроскопических экспериментов	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Методы интерпретации спектральных данных и структурный анализ веществ	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Технологии проведения качественного и количественного анализа в различных спектральных областях	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Метрологическое обеспечение, верификация и оценка достоверности результатов	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование
Спектроскопия комбинационного рассеяния и высокоразрешающие методы	ПК-1.2; ПК-2.1; ПК-2.2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физико-химические основы оптической спектроскопии»

1. **Что является основой оптической спектроскопии?**
 - а) Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом
 - б) Термическое разложение веществ
 - в) Электролиз растворов
 - г) Хроматографическое разделение
2. **Какие процессы лежат в основе поглощения света веществом?**
 - а) Переход атомов и молекул из основного состояния в возбуждённое
 - б) Ионизация атомов
 - в) Диссоциация молекул
 - г) Тушение люминесценции
3. **Как называется переход электрона с более высокого энергетического уровня на более низкий с испусканием фотона?**
 - а) Поглощение
 - б) Спонтанное излучение
 - в) Вынужденное излучение
 - г) Фотоэффект
4. **Какой закон описывает зависимость интенсивности прошедшего света от концентрации поглощающего вещества?**
 - а) Закон Стефана-Больцмана
 - б) Закон Бугера-Ламберта-Бера
 - в) Закон Вина
 - г) Закон Рэлея-Джинса
5. **Что характеризует молярный коэффициент экстинкции?**
 - а) Способность вещества поглощать свет на определённой длине волны
 - б) Интенсивность люминесценции
 - в) Квантовый выход реакции
 - г) Разрешающую способность прибора
6. **Какие виды спектров возникают при поглощении света в видимой и УФ-областях?**
 - а) Колебательные
 - б) Вращательные
 - в) Электронные
 - г) Ядерные
7. **Что такое спектральный переход?**
 - а) Изменение энергетического состояния атома или молекулы под действием излучения
 - б) Перемещение образца в кюветном отделении
 - в) Смена длины волны на монохроматоре
 - г) Изменение температуры образца
8. **Как называется разность энергий между основным и возбуждённым состояниями?**
 - а) Энергия активации
 - б) Энергия перехода
 - в) Энергия ионизации
 - г) Энергия связи
9. **Какое правило отбора действует для электронных дипольных переходов?**
 - а) Изменение орбитального квантового числа на ± 1
 - б) Изменение спина на ± 1
 - в) Запрет на любые переходы
 - г) Разрешены все переходы
10. **Что такое флуоресценция?**
 - а) Испускание фотонов при переходе из синглетного возбуждённого состояния в основное
 - б) Переход из триплетного состояния

- в) Поглощение света с последующим безызлучательным переходом
 - г) Рассеяние света без изменения длины волны
11. **Как влияет растворитель на электронные спектры поглощения?**
- а) Не влияет
 - б) Может смещать полосы и изменять их интенсивность
 - в) Только увеличивает интенсивность
 - г) Только уширяет полосы
12. **Что такое квантовый выход люминесценции?**
- а) Отношение числа испущенных фотонов к числу поглощённых
 - б) Отношение интенсивности падающего света к прошедшему
 - в) Энергия испущенного фотона
 - г) Время жизни возбуждённого состояния
13. **Какое явление используется для измерения концентрации по спектрам поглощения?**
- а) Эффект Доплера
 - б) Закон Бера
 - в) Эффект Керра
 - г) Эффект Фарадея
14. **Что такое спектроскопия комбинационного рассеяния?**
- а) Метод, основанный на неупругом рассеянии света с изменением частоты
 - б) Анализ поглощения в УФ-области
 - в) Эмиссионный анализ
 - г) Рентгенофлуоресцентный анализ
15. **Какая информация может быть получена из ИК-спектра вещества?**
- а) Наличие функциональных групп и тип химических связей
 - б) Элементный состав
 - в) Кристаллическая структура
 - г) Электропроводность

Пример задания лабораторной работы:

Тема: Изучение спектров поглощения окрашенных растворов в видимой области

Оборудование и реактивы: спектрофотометр (или фотоэлектроколориметр) с диапазоном измерений 400–700 нм; кварцевые или стеклянные кюветы с толщиной слоя 10 мм; мерные колбы на 50 и 100 мл, пипетки; раствор окрашенного вещества (например, перманганат калия KMnO_4 , дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, или органический краситель); дистиллированная вода; программное обеспечение для обработки спектров.

Теоретическая часть

Спектры поглощения в видимой области обусловлены электронными переходами в молекулах или ионах. Количественный анализ основан на законе Бугера-Ламберта-Бера: $A = \varepsilon \cdot c \cdot l$, где A – оптическая плотность, ε – молярный коэффициент экстинкции, c – концентрация, l – толщина слоя.

Для определения концентрации неизвестного раствора строят градуировочный график зависимости оптической плотности от концентрации стандартных растворов при длине волны максимального поглощения (λ_{max}).

Задания

1. Приготовление стандартных растворов

- Из исходного раствора заданной концентрации приготовить серию разбавленных растворов (не менее 5) путём последовательного разведения дистиллированной водой в мерных колбах.
- Рассчитать конечные концентрации каждого раствора.

2. Регистрация спектров поглощения

- Настроить спектрофотометр (выбрать диапазон длин волн, скорость сканирования, режим).
- Зарегистрировать спектр поглощения раствора с наибольшей концентрацией в диапазоне 400–700 нм.
- Определить λ_{max} – длину волны максимального поглощения.

3. Построение градуировочного графика

- Измерить оптическую плотность всех стандартных растворов при λ_{max} (каждый раствор измерить 2–3 раза, усреднить).
- Построить график зависимости $A = f(c)$ в координатах оптическая плотность – концентрация.
- Проверить линейность графика, рассчитать уравнение регрессии (методом наименьших квадратов).
- **Определение концентрации неизвестного раствора**
- Получить у преподавателя образец с неизвестной концентрацией того же вещества.
- Измерить его оптическую плотность при той же длине волны.
- По градуировочному графику (или уравнению регрессии) определить концентрацию.

5. Оценка метрологических характеристик

- Рассчитать коэффициенты уравнения градуировочной зависимости (коэффициент чувствительности, свободный член).
- Оценить погрешность определения концентрации (стандартное отклонение, доверительный интервал при заданной вероятности).
- Сравнить найденную концентрацию с ожидаемой (по указанию преподавателя).

Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Таблица с приготовленными концентрациями стандартных растворов.
3. График спектра поглощения с указанием λ_{max} .
4. Таблица измерений оптической плотности стандартных растворов.
5. Градуировочный график (экспериментальные точки и аппроксимирующая прямая).
6. Расчёт концентрации неизвестного раствора.
7. Оценка погрешности.
8. Выводы.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи оптической спектроскопии. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
2. Классификация оптических спектров поглощения, испускания, рассеяния, люминесценции.
3. Энергетические уровни атомов и молекул. Электронные, колебательные и вращательные переходы.
4. Правила отбора для электронных дипольных переходов. Принцип Франка-Кондона.
5. Закон Бугера-Ламберта-Бера, его вывод и области применения.
6. Молярный коэффициент экстинкции. Зависимость от длины волны и природы вещества.
7. Спонтанное и вынужденное излучение. Квантовый выход люминесценции.
8. Тушение люминесценции.
9. Устройство спектрофотометра: источники сплошного и линейчатого спектров, монохроматоры, детекторы.
10. Принцип работы монохроматора. Дисперсия и разрешающая способность.
11. Типы фотодетекторов в спектроскопии.
12. Методика пробоподготовки для УФ, видимой и ИК-спектроскопии. Влияние растворителя и кювет.

13. Калибровка спектрофотометра. Стандартные образцы.
14. Качественный анализ по электронным спектрам поглощения. Идентификация веществ.
15. Количественный анализ по закону Бера. Построение градуировочного графика, метод добавок.
16. Метрологическое обеспечение спектроскопических измерений: погрешности, предел обнаружения, чувствительность.
17. Основы ИК-спектроскопии. Характеристические частоты функциональных групп.
18. Спектроскопия комбинационного рассеяния. Стоксовы и антистоксовы компоненты.
19. Спектроскопия высокого разрешения.
20. Применение оптической спектроскопии в материаловедении и контроле качества наукоёмких производств.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по	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. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учебное пособие для вузов / В. Б. Тимофеев. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 512 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — ISBN 978-5-8114-1745-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211055>
2. Соломонов, В. И. Оптическая спектроскопия атомов, молекул и твердых тел: учебное пособие / В. И. Соломонов, А. В. Спирина, С. О. Чолах; под научной редакцией д-ра физ.-мат. наук, проф. А. В. Ишмухаметова. — Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-7996-3331-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169592>

Дополнительная литература:

1. Ефимова, А. И. Современная инфракрасная спектроскопия: основы, методы, приборная база: учебное пособие для вузов / А. И. Ефимова, В. Б. Зайцев, Д. В. Казанцев, Н. Ю. Болдырев. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 356 с. — ISBN 978-5-507-45721-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/301513>
2. Рябухин, Ю. И. Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии: учебное пособие для вузов / Ю. И. Рябухин. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 284 с. — ISBN 978-5-507-45679-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/276614>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

8. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Физические основы приборостроения».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах построения чувствительных элементов и измерительных систем, физических пределах точности, шумах, электромагнитных, механических, тепловых, оптических и квантовых эффектах, а также о современных технологиях микроэлектромеханических систем и нанотехнологий для создания высокоточных приборов и сенсоров в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: фундаментальные физические принципы, лежащие в основе работы измерительных и сенсорных систем, физические пределы точности и методы математического моделирования чувствительных элементов, а также современные подходы, используемые в приборостроении, включая MEMS и нанотехнологии, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования характеристик процессов. Уметь: формулировать проблемы, ставить и решать задачи разработки технологий на основе фундаментальных физических знаний, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований конкретных приложений и технологий, обосновывать выбор физических принципов для создания измерительных и сенсорных систем. Владеть: навыками применения фундаментальных физических знаний для решения задач приборостроения, методами

		математического моделирования чувствительных элементов, способами анализа физических пределов точности, приёмами использования современных физических эффектов и технологий для разработки приборов, а также навыками прогнозирования характеристик процессов и обоснования технологических решений.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: фундаментальные физические принципы работы измерительных и сенсорных систем, физические пределы точности, основы формирования эталонных сигналов, а также современные нанотехнологии, достаточные для формулировки задач разработки с учетом социально-экономического и междисциплинарного подходов. Уметь: формулировать задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение проблемы с использованием социально-экономического подхода и учетом междисциплинарных аспектов, использовать теоретические и практические методы для достижения поставленных задач, обосновывать решения с учетом экономической эффективности, социальной значимости и требований к точности. Владеть: навыками формулировки задач разработки приборов с учетом междисциплинарных и социально-экономических аспектов, методами проектирования с использованием комплексного подхода, способами интеграции физических знаний для создания решений, приемами использования теоретических и практических подходов для достижения целей разработки, а также навыками обоснования выбора методов и технологий с учетом их экономической

		эффективности и социальной значимости.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физические основы приборостроения» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Теоретико-методологические основы приборостроения	Понятие о чувствительном элементе и физическом принципе преобразования, классификация первичных преобразователей по типу физического взаимодействия, анализ цепочки передачи измерительного сигнала
2.	Физические пределы точности и теория шумов	Исследование фундаментальных ограничений точности: тепловой шум (Джонсоновский), дробовой шум, квантовый предел измерений, влияние температуры на дрейф параметров и физика термостабилизации
3.	Электромагнитные эффекты в сенсорных системах	Физика эффекта Холла, магниторезистивные явления, закон электромагнитной индукции Фарадея, анализ магнитных цепей и расчет взаимодействия магнитного поля с веществом в датчиках
4.	Физика механических и тепловых преобразователей	Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты, физика тензорезистивного эффекта, термоэлектричество (эффект Зеебека и эффект Пельтье), механизмы теплового расширения и

		конвекции
5.	Оптические, фотонные и квантовые эффекты	Физика фотоэлектрического и фоторезистивного эффектов, принципы распространения света в волоконно-оптических датчиках, интерференция и дифракция в высокоточных измерительных системах
6.	Математическое моделирование физики чувствительных элементов	Вывод и расчет основных физических соотношений: $R=\rho l/S$ для резистивных, $C=\epsilon S/d$ для емкостных и $L=\mu NS/l$ для индуктивных элементов, анализ зависимости чувствительности от геометрии и материала
7.	Физические основы формирования эталонных сигналов	Принципы работы квантовых стандартов: эффект Джозефсона для напряжения, квантовый эффект Холла для сопротивления, физика атомных резонансов в стандартах частоты и времени
8.	Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении	Физика микроэлектромеханических систем (МЭМС), поверхностные эффекты на наноуровне, использование графена и квантовых точек в создании высокочувствительных сенсоров

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Теоретико-методологические основы приборостроения

Вопросы для обсуждения: Что такое измерительный прибор и его основные характеристики? Классификация физических величин и единиц измерения. Понятие о метрологии и её связь с физическими основами приборостроения. Структура измерительного канала. Основные этапы проектирования приборов.

Тема 2: Физические пределы точности и теория шумов

Вопросы для обсуждения: Основные источники погрешностей измерений. Фундаментальные ограничения точности. Понятие шума в измерительных системах. Виды шумов

Тема 3: Электромагнитные эффекты в сенсорных системах

Вопросы для обсуждения: Принципы работы индуктивных, ёмкостных и резистивных сенсоров. Эффект Холла. Магниторезистивный эффект. Пьезоэлектрический эффект и его применение. Электромагнитная совместимость сенсорных систем. Экранирование и подавление помех.

Тема 4: Физика механических и тепловых преобразователей

Вопросы для обсуждения: Тензорезистивный эффект. Принципы работы акселерометров, гироскопов, датчиков давления. Терморезистивные и термоэлектрические преобразователи.

Тема 5: Оптические, фотонные и квантовые эффекты

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие света с веществом. Фотодиоды, фотоприёмники, фототранзисторы. Лазерные измерительные системы. Интерферометрия.

Тема 6: Математическое моделирование физики чувствительных элементов

Вопросы для обсуждения: Методы математического описания физических процессов в сенсорах. Конечно-элементное моделирование. Стационарные и нестационарные расчёты.

Тема 7: Физические основы формирования эталонных сигналов

Вопросы для обсуждения: Принципы стабилизации частоты и амплитуды. Кварцевые генераторы. Квантовые стандарты частоты.

Тема 8: Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении

Вопросы для обсуждения: Микроэлектромеханические системы (MEMS): принципы изготовления и работы. Акселерометры, гироскопы, микрозеркала на MEMS-технологиях. Нанодатчики.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Теоретико-методологические основы приборостроения

Вопросы для обсуждения: Разработка структурной схемы измерительной системы для заданной физической величины. Классификация приборов по назначению и принципу действия.

Тема 2: Физические пределы точности и теория шумов

Вопросы для обсуждения: Расчёт отношения сигнал/шум для заданного сенсора. Оценка минимально обнаружимого сигнала. Анализ вклада различных шумовых составляющих.

Тема 3: Электромагнитные эффекты в сенсорных системах

Вопросы для обсуждения: Проектирование ёмкостного датчика влажности. Расчёт чувствительности магниторезистивного датчика. Моделирование электромагнитного поля в САЕ-системе.

Тема 4: Физика механических и тепловых преобразователей

Вопросы для обсуждения: Расчёт токовой чувствительности фотодиода. Проектирование интерферометра для измерения перемещений. Оценка разрешающей способности оптического датчика.

Тема 5: Оптические, фотонные и квантовые эффекты

Вопросы для обсуждения: Построение конечно-элементной модели чувствительного элемента. Проведение стационарного теплового расчёта. Анализ нестационарного отклика на импульсное воздействие.

Тема 6: Математическое моделирование физики чувствительных элементов

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Физические основы формирования эталонных сигналов

Вопросы для обсуждения: Расчёт частоты кварцевого резонатора. Изучение схемы фазовой автоподстройки частоты. Оценка долговременной стабильности генератора.

Тема 8: Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении

Вопросы для обсуждения: Знакомство с технологиями изготовления MEMS-акселерометра. Анализ характеристик наносенсора по литературным данным. Обсуждение перспектив применения нанотехнологий в приборостроении.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Теоретико-методологические основы приборостроения. Физические пределы точности и теория шумов. Электромагнитные эффекты в сенсорных системах. Физика механических и тепловых преобразователей. Оптические, фотонные и квантовые эффекты. Математическое моделирование физики чувствительных элементов. Физические основы формирования эталонных сигналов. Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение

упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Разработка структурных схем измерительных систем. Расчёт отношения сигнал/шум и пределов обнаружения. Проектирование ёмкостных, магниторезистивных и пьезоэлектрических датчиков. Расчёт чувствительности и деформаций чувствительных элементов. Моделирование температурных и электромагнитных полей. Расчёт параметров оптических и квантовых датчиков. Анализ частотных характеристик кварцевых генераторов. Оценка характеристик MEMS и наносенсоров.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные метрологические характеристики приборов. Виды шумов и способы их снижения. Принципы работы электромагнитных, механических, тепловых, оптических и квантовых преобразователей. Методы математического моделирования чувствительных элементов. Способы формирования эталонных сигналов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Теоретико-методологические основы приборостроения	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	Тестирование
Физические пределы точности и теория шумов	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	Тестирование
Электромагнитные эффекты в сенсорных системах	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	Тестирование
Физика механических и тепловых преобразователей	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	Тестирование
Оптические, фотонные и квантовые эффекты	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	Тестирование
Математическое моделирование физики чувствительных элементов	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	Тестирование
Физические основы формирования эталонных сигналов	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	Тестирование
Физические принципы MEMS и нанотехнологий в приборостроении	ПК-1.1; ПК-1.2; ПК-3.1; ПК-3.2	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 «Теоретико-методологические основы приборостроения»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Что является основным назначением измерительного прибора?**
 - Преобразование энергии
 - Получение количественной информации о значении физической величины
 - Усиление сигнала
 - Генерация эталонного сигнала
- Какая физическая величина относится к основным в Международной системе единиц (СИ)?**
 - Сила
 - Электрическое напряжение
 - Длина
 - Сопротивление
- Что такое чувствительность измерительного прибора?**
 - Отношение изменения выходного сигнала к вызвавшему его изменению входной величины
 - Минимальное значение измеряемой величины
 - Диапазон измерений
 - Время установления показаний
- Как называется разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины?**
 - Чувствительность
 - Диапазон
 - Погрешность
 - Разрешение

5. **Что такое порог чувствительности прибора?**
а) Максимальное значение измеряемой величины
б) Наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала
в) Время отклика
г) Динамический диапазон
6. **По какому признаку классифицируют приборы на аналоговые и цифровые?**
а) По принципу действия
б) По форме представления выходного сигнала
в) По назначению
г) По точности
7. **Что входит в структуру измерительного канала?**
а) Только чувствительный элемент
б) Чувствительный элемент, преобразователь, усилитель, индикатор
в) Только индикатор
г) Только источник питания
8. **Какой этап проектирования прибора следует после разработки технического задания?**
а) Изготовление опытного образца
б) Эскизное проектирование
в) Серийное производство
г) Эксплуатация
9. **Что такое динамическая характеристика прибора?**
а) Зависимость выходного сигнала от времени при изменении входного
б) Зависимость выходного сигнала от входного в статическом режиме
в) Чувствительность прибора
г) Предел измерений
10. **Какой из перечисленных параметров относится к метрологическим характеристикам?**
а) Габаритные размеры
б) Масса
в) Класс точности
г) Потребляемая мощность
11. **Что такое градуировка прибора?**
а) Настройка нуля
б) Установление связи между показаниями прибора и значениями измеряемой величины
в) Калибровка шкалы
г) Проверка изоляции
12. **Какая система единиц принята в России как обязательная?**
а) МКГСС
б) СГС
в) СИ
г) МТС
13. **Что такое основная погрешность прибора?**
а) Погрешность в нормальных условиях эксплуатации
б) Дополнительная погрешность от влияющих факторов
в) Систематическая погрешность
г) Случайная погрешность
14. **Какой документ регламентирует единицы физических величин в России?**
а) ГОСТ 8.417
б) СанПиН

- в) Технический регламент
- г) СНИП

15. **Что такое поверка средства измерений?**

- а) Ремонт прибора
- б) Совокупность операций, выполняемых с целью подтверждения соответствия прибора метрологическим требованиям
- в) Настройка прибора
- г) Калибровка прибора

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Основные понятия приборостроения: измерительный прибор, сенсор, преобразователь, измерительная система. Классификация приборов по назначению и принципу действия.
2. Метрологические характеристики измерительных приборов: чувствительность, порог чувствительности, диапазон измерений, разрешение, быстродействие.
3. Погрешности измерений: систематические, случайные, грубые. Способы их оценки и уменьшения.
4. Физические пределы точности измерений. Фундаментальные ограничения, связанные с квантовыми и тепловыми флуктуациями.
5. Шумы в измерительных системах: тепловой шум (Найквиста), дробовой шум, низкочастотный ($1/f$) шум. Соотношение сигнал/шум.
6. Принципы работы резистивных, ёмкостных и индуктивных сенсоров. Области применения, достоинства и недостатки.
7. Эффект Холла и магниторезистивный эффект. Применение в датчиках магнитного поля и тока.
8. Пьезоэлектрический эффект. Пьезоэлектрические преобразователи для измерения давления, ускорения, вибрации.
9. Тензорезистивный эффект. Тензорезисторы и их применение в датчиках деформации и силы.
10. Физика работы акселерометров и гироскопов (механических, MEMS). Основные характеристики и области применения.
11. Терморезистивные и термоэлектрические преобразователи (термопары, термосопротивления). Принципы измерения температуры.
12. Пирозлектрические сенсоры. Механизм возникновения пирозлектрического сигнала, применение в детекторах движения и тепловизорах.
13. Взаимодействие света с веществом. Фотодиоды, фотоприёмники, фототранзисторы. Основные параметры и применение.
14. Лазерные измерительные системы. Интерферометрия, доплеровская анемометрия, лазерная дальнометрия.
15. Квантовые датчики: СКВИД (сверхпроводящий квантовый интерферометр), квантовые стандарты частоты, атомные часы.
16. Математическое моделирование чувствительных элементов. Метод конечных элементов. Стационарные и нестационарные расчёты (тепловые, механические, электромагнитные).
17. Физические основы формирования эталонных сигналов. Кварцевые генераторы, фазовые автоподстройки частоты. Квантовые стандарты частоты и времени.
18. Микроэлектромеханические системы (MEMS). Технологии изготовления. MEMS-акселерометры, гироскопы, микрозеркала, микрофонные датчики.
19. Нанодатчики на основе углеродных нанотрубок, нанопроволок, квантовых точек. Перспективы использования в приборостроении.

20. Электромагнитная совместимость сенсорных систем. Экранирование, заземление, подавление помех. Методы защиты измерительных каналов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику	хорошо		71-85

		применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Каплан, Б. Ю. Физические основы получения информации: учебное пособие / Б. Ю. Каплан. — Москва: ИНФРА-М, 2014. — 286 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-006381-2. — ISBN 978-5-16-100145-5 (online). — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=87011>

2. Клаассен, К. Б. Основы измерений. Датчики и электронные приборы: учебное пособие / К. Б. Клаассен; перевод с английского Е. В. Воронова, А. Л. Ларина. — 4-е изд. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2026. — 352 с. — ISBN 978-5-91559-125-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477387>

Дополнительная литература:

- Афанасьев, А. А. Физические основы измерений и эталоны: учебное пособие / А. А. Афанасьев. — Москва: ИНФРА-М, 2026. — 246 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-16-018624-5. — ISBN 978-5-16-106069-8. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?pid=2214878>
- Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы: учебное пособие / В. И. Смирнов. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. — 232 с. — ISBN 978-5-9729-1246-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=434808>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Солнечная энергетика»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

**Направленность (профиль) образовательной программы:
Физика высоких технологий**

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Технологии роста монокристаллов»
 - 4.2. Программа дисциплины «Технология производства солнечных элементов и модулей»
 - 4.3. Программа дисциплины «Основы проектирования в солнечной энергетике»
 - 4.4. Программа дисциплины «Метрология солнечных элементов»
 - 4.5. Программа дисциплины «Системы испытаний и контроль качества электронных устройств»
 - 4.6. Программа дисциплины «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Солнечная энергетика»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физико-химических основ и технологических методов выращивания монокристаллических слитков для изготовления подложек солнечных элементов.
2. Изучение полного цикла производства солнечных элементов и модулей, включая процессы легирования, нанесения контактов, пассивации поверхности и сборки.
3. Формирование компетенций в области проектирования фотоэлектрических систем с учётом климатических, географических и экономических факторов.
4. Освоение методов метрологического контроля параметров солнечных элементов и модулей, включая вольт-амперные характеристики, квантовую эффективность, спектральную чувствительность, мощность, деградацию и герметизацию.
5. Изучение систем испытаний и контроля качества электронных устройств, применяемых в солнечной энергетике, включая климатические, механические и электрические испытания.
6. Формирование знаний о промышленной безопасности и охране труда при производстве и эксплуатации оборудования солнечной энергетике.
7. Развитие способности интегрировать знания из материаловедения, технологии производства, проектирования, метрологии и безопасности для создания эффективных и надёжных фотоэлектрических систем в наукоемких производствах.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: фундаментальные физические основы технологий производства солнечных элементов и модулей, принципы проектирования систем солнечной энергетики, методы метрологического контроля, испытаний и обеспечения качества, а также требования безопасности, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования характеристик процессов с учётом требований приложений.

		Уметь: формулировать проблемы, ставить и решать задачи разработки технологий в области солнечной энергетики на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов производства и эксплуатации солнечных элементов с учётом требований конкретных приложений, обосновывать выбор материалов, методов и метрологических подходов. Владеть: навыками разработки технологических процессов производства солнечных элементов, методами проектирования систем солнечной энергетики, способами метрологического контроля и испытаний, приёмами оценки эффективности и надёжности, методами контроля качества, а также навыками обеспечения безопасности на производстве.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: современные методы производства, проектирования и контроля качества в солнечной энергетике, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач, разрабатывать технологические требования к методам и оборудованию в конкретных приложениях, обосновывать выбор технологических решений. Владеть: навыками проектирования методов производства и применения солнечных элементов, способами разработки технологических требований, приёмами метрологического контроля, испытаний и оценки эффективности.
ПК-3. Способен	ПК-3.1. Формулирует задачи	Знать: современные методы

разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	производства, проектирования и контроля качества в солнечной энергетике, а также требования промышленной безопасности, достаточные для формулировки задач разработки с учётом социально-экономического и междисциплинарного подходов. Уметь: формулировать задачи разработки на основе комплексного подхода, обосновывать решения с учётом экономической эффективности, социальной значимости и требований безопасности. Владеть: навыками формулировки задач разработки с учётом междисциплинарных и социально-экономических аспектов, методами проектирования, способами интеграции технических решений, а также навыками обеспечения безопасности на производстве.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технологии роста монокристаллов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-химических закономерностях и технологических методах выращивания монокристаллов, включая проектирование процессов кристаллизации, контроль структурного совершенства и качества получаемых материалов, а также практических навыков их применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: основы кристаллографии, методы выращивания кристаллов из расплава, способы контроля их структурного совершенства и современные технологии эпитаксии. Уметь: ставить и решать задачи разработки технологий роста монокристаллов, описывать их физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований конкретных приложений. Владеть: навыками проектирования процессов выращивания, методами рентгеноструктурного анализа, оптимизации условий роста и контроля качества монокристаллов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технологии роста монокристаллов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной

аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы кристаллографии и фазовых переходов	Природа кристаллического состояния, физика фазового перехода первого рода и термодинамика кристаллизации
2.	Базовые концепции зародышеобразования	Теория однородного и неоднородного зародышеобразования, расчет критического радиуса зародыша и кинетика роста
3.	Методы выращивания кристаллов из расплава	Физико-химические основы метода Чохральского, метода Киропулоса и технологии зональной плавки
4.	Инструментальное обеспечение процессов роста	Устройство высокотемпературных печей, подбор материалов тиглей и системы прецизионного контроля температуры
5.	Проектирование тепловых полей кристаллизатора	Моделирование градиентов температуры на границе раздела фаз и расчет условий стабильного роста поверхности
6.	Анализ структурного совершенства кристаллов	Физика точечных дефектов, теория дислокаций и механизмы возникновения структурных напряжений в решетке
7.	Практическая реализация роста и техника безопасности	Технологический цикл роста полупроводников, работа с расплавами и протоколы безопасности при использовании токсичных газов
8.	Контроль качества и рентгеноструктурный анализ	Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций
9.	Современные технологии эпитаксии и синтеза	Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур
10.	Комплексное применение монокристаллов в промышленности	Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих

преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы кристаллографии и фазовых переходов.

Вопросы для обсуждения: Кристаллическая решётка и её параметры. Сингонии, пространственные группы. Дефекты кристаллической структуры. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы состояния и условия кристаллизации.

Тема 2: Базовые концепции зародышеобразования

Вопросы для обсуждения: Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Критический размер зародыша. Скорость зародышеобразования. Влияние пересыщения и температуры. Роль примесей и поверхности.

Тема 3: Методы выращивания кристаллов из расплава

Вопросы для обсуждения: Метод Чохральского. Сравнительный анализ методов. Выбор метода для конкретных материалов.

Тема 4: Инструментальное обеспечение процессов роста

Вопросы для обсуждения: Конструкции ростовых установок. Тигли и нагреватели. Системы управления температурой и скоростью вытягивания. Измерительные датчики

Тема 5: Проектирование тепловых полей кристаллизатора

Вопросы для обсуждения: Распределение температуры в расплаве и кристалле. Тепловой градиент на фронте кристаллизации. Влияние тепловых полей на форму фронта и дефектность. Моделирование тепловых полей. Оптимизация конструкции тепловых узлов.

Тема 6: Анализ структурного совершенства кристаллов

Вопросы для обсуждения: Дислокации, их типы и влияние на свойства. Микродефекты, свирли, включения. Методы выявления дефектов. Связь условий роста с дефектностью.

Тема 7: Практическая реализация роста и техника безопасности

Вопросы для обсуждения: Подготовка сырья и оборудования. Загрузка и расплавление. Затравление и вытягивание. Охлаждение и извлечение кристалла. Техника безопасности при работе с высокими температурами, вакуумом, инертными газами.

Тема 8: Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций.

Вопросы для обсуждения: Рентгеновская топография для визуализации дефектов. Оценка плотности дислокаций по ширине кривой качания.

Тема 9: Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур

Вопросы для обсуждения: Эпитаксиальный рост тонких плёнок. Квантовые ямы, нити, точки. Контроль толщины и состава слоёв. Применение в оптоэлектронике.

Тема 10: Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов.

Вопросы для обсуждения: Подложки для светодиодов, лазеров, фотодетекторов. Требования к монокристаллическому кремнию для солнечной энергетики. Полупроводниковые лазеры на гетероструктурах. Перспективы использования новых кристаллических материалов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы кристаллографии и фазовых переходов.

Вопросы для обсуждения: Построение элементарных ячеек для разных сингоний. Расчёт параметров решётки. Определение межплоскостных расстояний. Анализ диаграммы состояния двойной системы.

Тема 2: Базовые концепции зародышеобразования

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического размера зародыша для заданного вещества. Оценка скорости зародышеобразования. Построение графиков зависимости от пересыщения.

Тема 3: Методы выращивания кристаллов из расплава

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости вытягивания и вращения для метода Чохральского. Определение необходимой мощности нагрева. Выбор тигля и атмосферы.

Тема 4: Инструментальное обеспечение процессов роста

Вопросы для обсуждения: Изучение схемы ростовой установки (по чертежам). Определение функций контроллеров и датчиков. Программирование профиля температуры.

Тема 5: Проектирование тепловых полей кристаллизатора

Вопросы для обсуждения: Построение температурного поля в кристалле и расплаве по экспериментальным данным. Оценка градиента. Выбор геометрии теплового экрана.

Тема 6: Анализ структурного совершенства кристаллов

Вопросы для обсуждения: Вычисление плотности дислокаций по данным травления. Идентификация дефектов на микрофотографиях. Оценка влияния дефектов на свойства.

Тема 7: Практическая реализация роста и техника безопасности

Вопросы для обсуждения: Составление технологической карты выращивания кристалла (выбор параметров, последовательность операций). Разработка инструкции по ТБ для ростовой установки.

Тема 8: Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций.

Вопросы для обсуждения: Расшифровка лауэграммы неизвестного кристалла (определение ориентации). Измерение ширины кривой качания и расчёт плотности дислокаций.

Тема 9: Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур

Вопросы для обсуждения: Подбор параметров роста для получения заданной толщины квантовой ямы. Расчёт энергетических уровней в квантовой яме. Анализ влияния температуры подложки на качество эпитаксиального слоя.

Тема 10: Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов.

Вопросы для обсуждения: Проектирование простейшего светодиода на основе гетероструктуры. Оценка эффективности преобразования.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы кристаллографии и фазовых переходов. Базовые концепции зародышеобразования. Методы выращивания кристаллов из расплава. Инструментальное обеспечение процессов роста. Проектирование тепловых полей кристаллизатора. Анализ структурного совершенства кристаллов. Практическая реализация роста и техника безопасности. Методы дифракции рентгеновских лучей, определение ориентации кристалла и оценка плотности дислокаций. Молекулярно-лучевая эпитаксия, химическое осаждение из газовой фазы и создание квантовых гетероструктур. Интеграция материалов в оптоэлектронику, лазерную технику и разработка функциональных полупроводниковых приборов.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Построение элементарных ячеек и расчёт параметров решётки. Расчёт критического размера зародыша и скорости зародышеобразования. Расчёт скорости вытягивания и вращения в методе Чохральского. Изучение схем ростовых установок и программирование температурных профилей. Построение тепловых полей и оценка градиентов. Вычисление плотности дислокаций по данным травления и ширине кривой качания. Составление технологических карт выращивания кристаллов и инструкций по технике безопасности. Расшифровка лауэграмм. Расчёт энергетических уровней в квантовых ямах. Проектирование простейших

оптоэлектронных приборов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Сингонии и пространственные группы. Условия фазовых переходов. Зародышеобразование и рост кристаллов. Методы выращивания из расплава. Конструкции ростовых установок. Тепловые поля и их влияние на дефектность. Виды дефектов и методы их выявления. Рентгеновская дифракция, ориентация кристаллов, оценка плотности дислокаций. Эпитаксия, квантовые гетероструктуры. Применение монокристаллов в оптоэлектронике и лазерной технике.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы кристаллографии и фазовых переходов	ПК-1	Тестирование
Базовые концепции	ПК-1	Тестирование

зародышеобразования		
Методы выращивания кристаллов из расплава	ПК-1	Тестирование
Инструментальное обеспечение процессов роста	ПК-1	Тестирование
Проектирование тепловых полей кристаллизатора	ПК-1	Тестирование
Анализ структурного совершенства кристаллов	ПК-1	Тестирование
Практическая реализация роста и техника безопасности	ПК-1	Тестирование
Контроль качества и рентгеноструктурный анализ	ПК-1	Тестирование
Современные технологии эпитаксии и синтеза	ПК-1	Тестирование
Комплексное применение монокристаллов в промышленности	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

- Что называется кристаллической решёткой?**
 - Беспорядочное расположение атомов в пространстве
 - Правильное периодическое расположение атомов в пространстве
 - Случайное скопление молекул
 - Аморфная структура вещества
- Сколько существует кристаллографических сингоний?**
 - 5
 - 6
 - 7
 - 8
- Какая сингония характеризуется равенством всех трёх осей и всех углов 90° ?**
 - Гексагональная
 - Тригональная
 - Кубическая
 - Триклинная
- Что такое элементарная ячейка кристалла?**
 - Минимальный объём, повторением которого можно построить весь кристалл
 - Одиночный атом в узле решётки
 - Дефект кристаллической структуры
 - Поверхность раздела фаз
- Какие дефекты относятся к точечным дефектам?**
 - Дислокации
 - Вакансии и межузельные атомы
 - Границы зёрен
 - Двойники
- Какой фазовый переход сопровождается поглощением тепла?**
 - Кристаллизация
 - Плавление
 - Конденсация
 - Сублимация
- Что такое обратная решётка?**
 - Решётка, образованная дефектами кристалла

- б) Математическое преобразование, используемое для описания дифракции
 - в) Решётка, повёрнутая на 90°
 - г) Решётка, построенная из межузельных атомов
8. **Какой параметр характеризует симметрию кристалла?**
- а) Только период решётки
 - б) Набор элементов симметрии (оси, плоскости, центр)
 - в) Только угол между осями
 - г) Только плотность упаковки
9. **Что называется фазовым переходом первого рода?**
- а) Переход без скачка объёма и энтропии
 - б) Переход со скачком объёма и скрытой теплотой
 - в) Переход, происходящий только при высоких температурах
 - г) Переход, не сопровождающийся изменением структуры
10. **Какое изменение происходит при фазовом переходе второго рода?**
- а) Скачок объёма
 - б) Выделение скрытой теплоты
 - в) Скачок теплоёмкости при сохранении объёма
 - г) Изменение химического состава
11. **Что такое пространственная группа симметрии?**
- а) Совокупность операций трансляционной симметрии кристалла
 - б) Совокупность всех элементов симметрии кристалла (точечных и трансляционных)
 - в) Только зеркальные плоскости
 - г) Только центр инверсии
12. **Какое из перечисленных веществ является примером кристалла?**
- а) Стекло
 - б) Кварц
 - в) Пластмасса
 - г) Резина
13. **Что происходит при нагревании кристалла через точку плавления?**
- а) Разрушается дальний порядок, ближний порядок сохраняется
 - б) Полностью разрушается и дальний, и ближний порядок
 - в) Сохраняется дальний порядок
 - г) Ничего не меняется
14. **Как называются дефекты, представляющие собой линию, вдоль которой нарушено правильное расположение атомов?**
- а) Точечные дефекты
 - б) Линейные дефекты (дислокации)
 - в) Поверхностные дефекты
 - г) Объёмные дефекты
15. **Что такое полиморфизм?**
- а) Способность вещества существовать в разных кристаллических модификациях
 - б) Способность вещества образовывать стекло
 - в) Наличие нескольких изотопов
 - г) Способность к пластической деформации

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов для зачета:

1. Основные понятия кристаллографии: кристаллическая решётка, элементарная ячейка, сингонии.

2. Пространственные группы симметрии и их роль в описании кристаллической структуры.
3. Точечные, линейные и поверхностные дефекты кристаллов: типы, влияние на свойства, методы выявления.
4. Фазовые переходы первого и второго рода: термодинамические критерии, примеры.
5. Диаграммы состояния бинарных систем и их использование для выбора условий кристаллизации.
6. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование: критический размер зародыша, энергетический барьер, скорость зародышеобразования.
7. Влияние пересыщения и примесей на процесс зародышеобразования.
8. Метод Чохральского: схема установки, основные параметры, достоинства и недостатки.
9. Метод Бриджмена–Стокбаргера: конструкция, принцип направленной кристаллизации, особенности теплового режима.
10. Метод зонной плавки: физические основы, применение для очистки и выращивания кристаллов.
11. Метод Вернейля: особенности, достоинства, ограничения.
12. Сравнительный анализ методов выращивания монокристаллов из расплава: критерии выбора для различных материалов.
13. Инструментальное обеспечение ростовых установок: конструкции тиглей, нагреватели, системы контроля и управления.
14. Проектирование тепловых полей кристаллизатора: роль теплового градиента, форма фронта кристаллизации, влияние на распределение примесей и дефектов.
15. Компьютерное моделирование температурных полей и его роль в оптимизации процессов роста.
16. Дислокации в монокристаллах: образование, методы выявления, оценка плотности дислокаций.
17. Макродефекты: причины возникновения и способы устранения.
18. Рентгеновские методы контроля качества монокристаллов: дифракция, лауэграммы, определение ориентации кристалла, кривые качания.
19. Техника безопасности при выращивании монокристаллов: работа с высокими температурами, вакуумными системами, инертными газами, химическими реагентами.
20. Молекулярно-лучевая эпитаксия: принцип, оборудование, управление толщиной и составом слоёв.

21. Химическое осаждение из газовой фазы: основные процессы, виды, применение для эпитаксии.
22. Создание квантовых гетероструктур: технологические подходы, контроль размеров и состава.
23. Методы определения структурного совершенства эпитаксиальных слоёв.
24. Применение монокристаллов в оптоэлектронике: подложки для светодиодов, лазерных диодов, фотодетекторов. Требования к кристаллическому качеству.
25. Интеграция монокристаллических материалов в солнечную энергетику, силовую электронику и лазерную технику.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. 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			
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. Антипов, В. В. Технология материалов и изделий электронной техники. Раздел: выращивание монокристаллов из расплава: лабораторный практикум / В. В. Антипов, К. М. Розин. — Москва: МИСиС, 2002. — 109 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=372664>
2. Горелик, С. С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учебник для вузов / С. С. Горелик, М. Я. Дашевский. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: МИСиС, 2003. — 480 с. — ISBN 5-87623-018-7. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=369012>

Дополнительная литература:

1. Портнов, О. Г. Технология объемных монокристаллов полупроводников и диэлектриков: выращивание технологичных монокристаллов иодата лития для устройств нелинейной оптики: учебное пособие / О. Г. Портнов; под ред. В. В. Антипова. — Москва: МИСиС, 2014. — 143 с. — ISBN 978-5-87623-799-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=369853>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов,

статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Технология производства солнечных элементов и модулей».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физико-технологических принципах, материалах и методах изготовления солнечных элементов и фотоэлектрических модулей, а также практических навыков проектирования и организации их производства для эффективного использования в наукоемких энергетических системах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физико-химические основы фотоэлектрического преобразования, технологии производства кремниевых, тонкоплёночных и перовскитных солнечных элементов, принципы проектирования и моделирования, методы контроля качества и метрологии, оборудование производственных линий, экологические аспекты и устойчивость производства. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий производства солнечных элементов, описывать их физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований конкретных приложений и технологий, обосновывать выбор материалов, методов и оборудования для достижения эффективности и надёжности устройств. Владеть: навыками проектирования и реализации технологических процессов производства солнечных элементов, методами контроля качества и метрологии, способами моделирования и численных методов для оптимизации характеристик, а также навыками интеграции

		фотоэлектрических систем в различные приложения.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология производства солнечных элементов и модулей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования	Генерация, разделение и рекомбинация носителей заряда, энергетические зоны полупроводников, принципы работы солнечного элемента в контексте архитектуры устройств
2.	Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)	Полный технологический цикл кремниевых СЭ: выращивание монокристаллов (Чохральский), резка пластин, текстурирование поверхности, диффузия легирующих примесей, пассивация и формирование p-n перехода
3.	Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов	Методы осаждения функциональных слоёв (CVD, PVD, магнетронное напыление), технологии перовскитных поглотителей, архитектуры гибких и лёгких фотоэлектрических структур
4.	Оборудование и производственные линии	Промышленные установки для фотолитографии, вакуумные системы, реакторы осаждения, автоматизированные линии сборки и интеграция технологических модулей

5.	Архитектура проектирование солнечных элементов	и	Инженерия структур PERC, TOPCon, HJT и тандемных элементов, оптимизация слоёв, расчет электрических и оптических параметров устройств
6.	Моделирование численные методы	и	TCAD-моделирование процессов в полупроводниках, оптическое и тепловое моделирование, расчёт I-V характеристик и эффективности преобразования
7.	Контроль качества метрология	и	Измерение I-V и EQE характеристик, дефектоскопия, контроль толщины слоёв, статистический анализ стабильности технологических процессов
8.	Экологическая безопасность устойчивость производства	и	Работа с токсичными прекурсорами, утилизация материалов, экологические риски производства кремниевых и перовскитных технологий, жизненный цикл модулей
9.	Современные промышленные технологии		Массовое внедрение PERC, TOPCon и HJT технологий, развитие тандемных кремний-перовскитных структур, повышение КПД и снижение себестоимости
10.	Интеграция применение фотоэлектрических систем	и	Проектирование солнечных электростанций, автономные энергосистемы, интеграция модулей в энергосети и строительные конструкции

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Что такое фотоэлектрический эффект в полупроводниках? Как образуется p-n переход и как он разделяет носители заряда? Какие параметры определяют вольт-амперную характеристику солнечного элемента? Влияние ширины запрещённой зоны на эффективность. Механизмы рекомбинации и способы их подавления.

Тема 2: Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)

Вопросы для обсуждения: Получение мультикристаллического и монокристаллического кремния. Процессы текстурирования, диффузии фосфора и бора. Формирование фронтальных и тыльных контактов. Пассивация поверхности. Технология PERC и её модификации.

Тема 3: Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов

Вопросы для обсуждения: Типы тонкоплёночных технологий. Методы нанесения плёнок. Структура перовскитных элементов. Достоинства и недостатки, вопросы стабильности. Проблемы масштабирования.

Тема 4: Оборудование и производственные линии

Вопросы для обсуждения: Установки для очистки, диффузии, плазмохимического осаждения, печи для отжига. Линии трафаретной печати и сушки.

Тема 5: Архитектура и проектирование солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Топология контактов. Влияние ширины пальцев и их шага. Затенение и эффективность. Проектирование антиотражающих покрытий.

Тема 6: Моделирование и численные методы

Вопросы для обсуждения: Использование TCAD для моделирования p-n перехода. Уравнение Пуассона и непрерывности. Оптическое моделирование. Расчёт внешних квантовых характеристик и эффективности. Оптимизация геометрических параметров.

Тема 7: Контроль качества и метрология

Вопросы для обсуждения: Измерение вольт-амперных характеристик. Определение последовательного и шунтирующего сопротивления. Квантовая эффективность.

Тема 8: Экологическая безопасность и устойчивость производства

Вопросы для обсуждения: Утилизация отходов. Переработка солнечных модулей в конце жизненного цикла. Токсичность материалов. Энергетический баланс. Сертификация по стандартам.

Тема 9: Современные промышленные технологии

Вопросы для обсуждения: Гетеропереходные элементы. Тандемные элементы на основе кремния и перовскита. Элементы с селективными контактами.

Тема 10: Интеграция и применение фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: От солнечного элемента к модулю: герметизация, байпасные диоды. Типы монтажа. Мониторинг и эксплуатация.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Определение факторов идеальности. Расчёт спектральной чувствительности. Решение задач на определение эффективности по заданным параметрам.

Тема 2: Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)

Вопросы для обсуждения: Выбор режимов диффузии.

Тема 3: Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов

Вопросы для обсуждения: Разработка схемы лабораторного синтеза перовскита.

Тема 4: Оборудование и производственные линии

Вопросы для обсуждения: Знакомство с технологическими картами оборудования. Расчёт производительности линии. Определение себестоимости одного ватта. Анализ критических точек контроля.

Тема 5: Архитектура и проектирование солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Проектирование топологии контактов для заданного размера пластины. Расчёт потерь на затенение.

Тема 6: Моделирование и численные методы

Вопросы для обсуждения: Работа в бесплатной программе для моделирования. Анализ влияния времени жизни носителей на эффективность. Построение спектральной характеристики.

Тема 7: Контроль качества и метрология

Вопросы для обсуждения: Оценка повторяемости измерений. Заполнение протокола тестирования.

Тема 8: Экологическая безопасность и устойчивость производства

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергетического баланса производства. Разработка плана переработки отходов.

Тема 9: Современные промышленные технологии

Вопросы для обсуждения: Оценка коммерческой эффективности тандемных элементов.

Тема 10: Интеграция и применение фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт необходимой площади модулей для заданной нагрузки. Выбор инвертора. Оценка выработки с учётом климатических данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования. Технология кремниевых солнечных элементов. Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов. Оборудование и производственные линии. Архитектура и проектирование солнечных элементов. Моделирование и численные методы. Контроль качества и метрология. Экологическая безопасность и устойчивость производства. Современные индустриальные технологии. Интеграция и применение фотоэлектрических систем.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт толщины поглощающего слоя для тонкоплёночных элементов. Оценка производительности и себестоимости оборудования. Проектирование топологии контактов и антиотражающих покрытий. Моделирование солнечных элементов в специализированных программах. Расчёт энергетического баланса и жизненного цикла. Сравнение современных индустриальных технологий. Разработка эскизного проекта солнечной электростанции.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы фотоэлектрического преобразования. Технологические процессы получения кремниевых, тонкоплёночных и перовскитных элементов. Принципы работы и устройство производственного оборудования. Методы контроля качества и метрологии. Архитектурные решения и моделирование. Экологические аспекты производства. Современные индустриальные технологии. Интеграция фотоэлектрических систем.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования	ПК-1	Тестирование
Технология кремниевых солнечных элементов (wafer-based)	ПК-1	Тестирование
Технология тонкоплёночных и перовскитных элементов	ПК-1	Тестирование
Оборудование и производственные линии	ПК-1	Тестирование
Архитектура и проектирование солнечных элементов	ПК-1	Тестирование
Моделирование и численные методы	ПК-1	Тестирование
Контроль качества и метрология	ПК-1	Тестирование
Экологическая безопасность и устойчивость производства	ПК-1	Тестирование
Современные промышленные технологии	ПК-1	Тестирование
Интеграция и применение фотоэлектрических систем	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования»

1. **Какой физический эффект лежит в основе работы солнечного элемента?**
 - а) Эффект Зеемана
 - б) Внутренний фотоэффект в полупроводниках
 - в) Эффект Комптона
 - г) Эффект Пельтье
2. **Что происходит в полупроводнике при поглощении фотона с энергией больше ширины запрещённой зоны?**
 - а) Рождение электрон-дырочной пары
 - б) Выделение тепла

- в) Излучение фотона меньшей энергии
 - г) Ионизация примеси
3. **Какая область р-п перехода отвечает за разделение фотогенерированных носителей заряда?**
 - а) Область пространственного заряда
 - б) Эмиттер
 - в) База
 - г) Тыльный контакт
 4. **Какой параметр является основным для оценки эффективности солнечного элемента?**
 - а) Ёмкость перехода
 - б) Коэффициент полезного действия
 - в) Температурный коэффициент напряжения
 - г) Сопротивление изоляции
 5. **Какое выражение описывает идеальную вольт-амперную характеристику (ВАХ) р-п перехода при освещении?**
 - а) $I = I_0(\exp(qV/kT) - 1) - I_{\phi}$
 - б) $I = I_{\phi} + I_0(\exp(qV/kT) - 1)$
 - в) $I = I_0 - I_{\phi}(\exp(qV/kT) - 1)$
 - г) $I = I_{\phi}(\exp(qV/kT) - 1) - I_0$
 6. **Что такое «ток короткого замыкания» (I_{sc}) солнечного элемента?**
 - а) Ток при нулевом напряжении на нагрузке
 - б) Ток при максимальной мощности
 - в) Ток при напряжении, равном напряжению холостого хода
 - г) Ток, определяемый только тёмной ВАХ
 7. **Что такое «напряжение холостого хода» (V_{oc}) солнечного элемента?**
 - а) Напряжение при нулевом токе
 - б) Напряжение при максимальной мощности
 - в) Напряжение при коротком замыкании
 - г) Напряжение, при котором мощность максимальна
 8. **Как влияет увеличение ширины запрещённой зоны (E_g) на V_{oc} при прочих равных условиях?**
 - а) V_{oc} увеличивается
 - б) V_{oc} уменьшается
 - в) V_{oc} не изменяется
 - г) V_{oc} сначала растёт, потом падает
 9. **Какой механизм рекомбинации преобладает в высококачественном монокристаллическом кремнии при средних уровнях инжекции?**
 - а) Оже-рекомбинация
 - б) Рекомбинация через дефекты (Шокли-Рид-Холла)
 - в) Излучательная рекомбинация
 - г) Поверхностная рекомбинация
 10. **Что такое фактор заполнения (Fill Factor, FF) солнечного элемента?**
 - а) $FF = P_{max} / (V_{oc} \cdot I_{sc})$
 - б) $FF = V_{oc} \cdot I_{sc} / P_{max}$
 - в) $FF = (V_{oc} \cdot I_{sc}) / (V_{mp} \cdot I_{mp})$
 - г) $FF = P_{max} / (V_{mp} \cdot I_{mp})$
 11. **Какое влияние на эффективность солнечного элемента оказывает увеличение последовательного сопротивления (R_s)?**
 - а) Увеличивает FF
 - б) Уменьшает FF

- в) Не влияет
 - г) Увеличивает I_{sc}
12. **Что происходит с током короткого замыкания при повышении температуры солнечного элемента?**
- а) Незначительно увеличивается
 - б) Значительно уменьшается
 - в) Не изменяется
 - г) Резко падает до нуля
13. **Какое приближение используется для расчёта спектральной чувствительности солнечного элемента?**
- а) Модель Эйнштейна
 - б) Модель генерации носителей с учётом отражения и поглощения
 - в) Модель идеального газа
 - г) Модель Дебая
14. **Какой параметр солнечного элемента определяет его способность преобразовывать свет различных длин волн?**
- а) Температурный коэффициент
 - б) Спектральная характеристика (EQE)
 - в) Выходное сопротивление
 - г) Диффузионная длина
15. **Какой способ уменьшения отражения света от поверхности солнечного элемента наиболее распространён в промышленности?**
- а) Нанесение антиотражающего покрытия
 - б) Увеличение толщины элемента
 - в) Использование металлического зеркала
 - г) Легирование поверхности золотом

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов для зачета:

1. Физико-химические основы фотоэлектрического преобразования. Механизм возникновения фотоЭДС в p-n переходе.
2. Уравнение вольт-амперной характеристики солнечного элемента при освещении. Параметры I_{sc} , V_{oc} , FF, η .
3. Влияние ширины запрещённой зоны полупроводника на эффективность солнечного элемента. Оптимальное значение E_g для одно- и многопереходных структур.
4. Механизмы рекомбинации носителей заряда в объёме и на поверхности. Способы пассивации поверхности.
5. Технология получения мультикристаллического и монокристаллического кремния методами Чохральского, Бриджмена и зонной плавки.
6. Основные технологические операции изготовления кремниевого солнечного элемента: текстурирование, диффузия, контактная печать, пассивация.
7. Технология PERC: конструкция, преимущества, ключевые этапы производства.
8. Технология TOPCon: принцип работы, особенности изготовления, сравнение с PERC.

9. Гетеропереходные солнечные элементы: структура, технология осаждения аморфного кремния, преимущества перед гомопереходными.
10. Тонкоплёночные технологии: CIGS, CdTe, аморфный кремний. Методы нанесения: магнетронное распыление, испарение, CVD.
11. Перовскитные солнечные элементы: структура, материалы, методы синтеза перовскитного слоя. Стабильность и вопросы масштабирования.
12. Тандемные солнечные элементы на основе кремния и перовскита: принцип расширения спектральной чувствительности, достигнутые КПД, технологические решения.
13. Оборудование для производства кремниевых элементов: диффузионные печи, установки PECVD для пассивации, линии трафаретной печати.
14. Оборудование для производства тонкоплёночных модулей: вакуумные установки спутерные и испарительные, лазерный скрайбинг, ламинаторы.
15. Контроль качества в процессе производства солнечных элементов: методы измерения ВАХ с использованием солнечных симуляторов, спектральной чувствительности EQE, электролюминесцентная и фотолюминесцентная диагностика.
16. Метрология солнечных элементов: определение последовательного и шунтирующего сопротивления, фактора заполнения, эффективности. Методы сортировки.
17. Архитектура солнечного элемента: топология контактов пальцы и шины, антиотражающее покрытие, выбор толщины эмиттера и базы. Влияние затенения на эффективность.
18. Моделирование солнечных элементов в TCAD: уравнения Пуассона и непрерывности, определение основных оптических и электрических параметров.
19. Проектирование солнечного модуля: схема соединения элементов последовательное и параллельное, байпасные диоды, герметизирующие материалы EVA, стекло, backsheet.
20. Экологическая безопасность и устойчивость производства солнечных модулей: токсичные материалы кадмий и свинец, утилизация, энергетический баланс EPBT, сертификация по стандартам ISO 14001, RoHS.
21. Современные промышленные технологии: элементы с селективными контактами, IBC, бифасциальные элементы.
22. Автоматизация производства и цифровизация: MES-системы, применение машинного зрения и искусственного интеллекта для контроля качества.
23. Интеграция фотоэлектрических систем: наземные и крышные электростанции, BIPV, плавучие солнечные станции, космические применения.
24. Экономика производства солнечных элементов и модулей: себестоимость одного ватта, факторы снижения затрат, окупаемость инвестиций.

25. Надёжность и долговечность солнечных модулей: ускоренные испытания термоциклирование, влажное тепло, механические нагрузки, стандарты IEC 61215, IEC 61730.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать	хорошо		71-85

		практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Развитие ВИЭ [Возобновляемых источников энергии] в России: технологии и экономика: учебное пособие / под ред. В. А. Зубакина, А. Е. Копылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Грифон, 2025.

Дополнительная литература:

1. Велькин, В. И. Возобновляемая энергетика и энергосбережение: учебник для вузов / В. И. Велькин, Я. М. Щелоков, С. Е. Щеклеин; под общей редакцией В. И. Велькина. — Москва ; Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2020. — 312 с. — ISBN 978-5-7996-3122-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424212>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы проектирования в солнечной энергетике».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области проектирования фотоэлектрических систем различного назначения, включая анализ технических и экономических параметров, а также обоснованный выбор компонентов и режимов работы для эффективного применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физические основы фотоэлектрического преобразования, методы расчёта солнечного ресурса, принципы проектирования и диагностики PV-систем, современные технологии солнечной энергетики. Уметь: формулировать и решать задачи проектирования фотоэлектрических систем, прогнозировать их характеристики с учётом требований конкретных приложений, обосновывать выбор компонентов и схемных решений. Владеть: навыками проектирования PV-систем, методами моделирования генерации, подготовки проектной документации, контроля и диагностики, а также интеграции в комплексные энергетические системы.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы проектирования в солнечной энергетике» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы

студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования	Спектральный состав солнечного излучения, геометрия инсоляции, базовые принципы генерации тока в полупроводниковых структурах
2.	Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов	Полупроводниковые материалы, структура p-n перехода, современные технологии (TOPCon, HJT, PERC), электрические параметры модулей
3.	Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации	Оценка инсоляции, климатические модели, ТМУ-данные, расчет энергетического выхода PV-систем
4.	Инструменты инженерного проектирования	Программные средства моделирования PV-систем, базы метеоданных, методы геоаналитики и расчетных алгоритмов
5.	Проектирование фотоэлектрических систем	Конфигурация сетевых и автономных систем, выбор инверторов, аккумуляторов, схем подключения и архитектуры системы
6.	Проектная документация и авторский надзор	Разработка проектной документации, схемы подключений, спецификации оборудования, сопровождение проектных решений без акцента на монтаж
7.	Контроль, диагностика и тестирование PV-систем	Методы проверки характеристик модулей и систем, верификация расчетных моделей, мониторинг производительности
8.	Современные технологии солнечной энергетики	Двусторонние модули (bifacial), перовскитные элементы, трекерные системы, высокоэффективные архитектуры нового поколения
9.	Комплексные энергетические системы и интеграция	Интеграция с накопителями энергии (ESS), Smart Grid, гибридные энергетические системы и распределённая генерация

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Солнечная постоянная и спектр солнечного излучения. Положение Солнца на небосводе и расчёт падающей радиации. Фотоэлектрический эффект в полупроводниках и образование p-n перехода. Вольт-амперная характеристика солнечного элемента.

Тема 2: Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов

Вопросы для обсуждения: Влияние ширины запрещённой зоны на эффективность преобразования. Спектральная чувствительность и квантовая эффективность. Паспортные данные солнечных модулей.

Тема 3: Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации

Вопросы для обсуждения: Источники данных о солнечной радиации: спутниковые данные, наземные станции, климатические атласы. Расчёт по среднемесячным значениям и типовым метеорологическим годам. Учёт затенения от близлежащих объектов и рельефа.

Тема 4: Инструменты инженерного проектирования

Вопросы для обсуждения: САД-системы для разработки топологии размещения солнечных модулей. САЕ-инструменты для моделирования тепловых и электрических режимов. Стационарные расчёты нагрузок и ветровых воздействий.

Тема 5: Проектирование фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: Типы фотоэлектрических систем: автономные, сетевые, гибридные, и критерии их выбора. Этапы проектирования фотоэлектрической станции. Выбор конфигурации модулей и инверторов.

Тема 6: Проектная документация и авторский надзор

Вопросы для обсуждения: Состав проектной документации на фотоэлектрическую систему. Требования к чертежам и схемам. Спецификации оборудования и материалов.

Тема 7: Контроль, диагностика и тестирование PV-систем

Вопросы для обсуждения: Методы контроля качества на этапе приёмки оборудования. Измерение вольт-амперных характеристик на месте эксплуатации. Тепловизионная диагностика солнечных модулей. Мониторинг выработки и раннее обнаружение неисправностей.

Тема 8: Современные технологии солнечной энергетики

Вопросы для обсуждения: Двусторонние солнечные модули. Системы слежения за Солнцем. Плавающие солнечные электростанции. Интеграция солнечных элементов в строительные конструкции. Накопители энергии нового поколения.

Тема 9: Комплексные энергетические системы и интеграция

Вопросы для обсуждения: Совместное использование солнечной и ветровой энергии. Гибридные системы с дизельными генераторами. Взаимодействие с электрическими сетями и управление нагрузкой. Микросети на основе возобновляемых источников энергии. Перспективы полной энергетической автономии.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования

Вопросы для обсуждения: Расчёт положения Солнца для заданной широты и времени года. Определение суммарной солнечной радиации на наклонную поверхность. Решение

задач на расчёт тока короткого замыкания и напряжения холостого хода.

Тема 2: Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов

Вопросы для обсуждения: Выбор типа солнечного модуля для конкретных климатических условий. Расчёт температурного коэффициента мощности. Определение эффективности модуля по паспортным данным.

Тема 3: Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации

Вопросы для обсуждения: Работа в демо-версии специализированного программного обеспечения. Импорт метеоданных для заданной локации.

Тема 4: Инструменты инженерного проектирования

Вопросы для обсуждения: Создание 3D-модели опорной конструкции для солнечной панели в CAD. Проектирование компоновки модулей на плоской крыше. Выполнение конечно-элементного расчёта на ветровую нагрузку.

Тема 5: Проектирование фотоэлектрических систем

Вопросы для обсуждения: Расчёт необходимого количества модулей для заданной пиковой мощности. Выбор инвертора по напряжению и току. Определение потерь в кабелях и подбор сечения проводки.

Тема 6: Проектная документация и авторский надзор

Вопросы для обсуждения: Разработка однолинейной электрической схемы фотоэлектрической системы. Заполнение спецификации оборудования по форме. Оформление плана расположения модулей на участке. Составление графика авторского надзора. Анализ типовых ошибок в проектах.

Тема 7: Контроль, диагностика и тестирование PV-систем

Вопросы для обсуждения: Проведение виртуального тестирования работы инвертора. Интерпретация тепловизионных снимков модуля.

Тема 8: Современные технологии солнечной энергетики

Вопросы для обсуждения: Сравнение экономической эффективности двусторонних модулей и трекеров.

Тема 9: Комплексные энергетические системы и интеграция

Вопросы для обсуждения: Подбор дизель-генератора для гибридной системы с заданной долей солнечной энергии. Расчёт минимальной ёмкости аккумуляторов для стабилизации.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования. Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов. Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации. Инструменты инженерного проектирования. Проектирование фотоэлектрических систем. Проектная документация и авторский надзор. Контроль, диагностика и тестирование фотоэлектрических систем. Современные технологии солнечной энергетики. Комплексные энергетические системы и интеграция.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт положения Солнца и суммарной радиации на наклонную поверхность. Расчёт тока короткого замыкания и напряжения холостого хода. Построение вольт-амперной характеристики. Выбор типа солнечного модуля для заданных климатических условий. Разработка однолинейной электрической схемы. Интерпретация тепловизионных снимков и расчёт ожидаемой выработки. Сравнение экономической эффективности различных технологий. Расчёт минимальной ёмкости аккумуляторов для гибридной системы.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические основы фотоэлектрического преобразования. Вольт-амперная

характеристика и основные параметры солнечных элементов. Материалы для солнечных модулей. Методы расчёта солнечного ресурса. Программные средства моделирования.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования	ПК-1	Тестирование
Фотоэлектрические материалы и характеристики элементов	ПК-1	Тестирование
Методы расчёта солнечного ресурса и моделирование генерации	ПК-1	Тестирование
Инструменты инженерного	ПК-1	Тестирование

проектирования		
Проектирование фотоэлектрических систем	ПК-1	Тестирование
Проектная документация и авторский надзор	ПК-1	Тестирование
Контроль, диагностика и тестирование PV-систем	ПК-1	Тестирование
Современные технологии солнечной энергетики	ПК-1	Тестирование
Комплексные энергетические системы и интеграция	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Солнечная радиация и физические основы фотоэлектрического преобразования»

- Что такое солнечная постоянная?**
 - Поток солнечной энергии на поверхности Земли в полдень
 - Поток солнечной энергии на верхней границе атмосферы при среднем расстоянии Земли от Солнца
 - Мощность излучения Солнца, отнесённая к единице поверхности Солнца
 - Энергия, излучаемая Солнцем за одну секунду
- Какой диапазон длин волн составляет основную долю энергии в спектре солнечного излучения у поверхности Земли?**
 - Ультрафиолетовый (100–400 нм)
 - Видимый и ближний инфракрасный (400–2500 нм)
 - Дальний инфракрасный (2500 нм – 1 мм)
 - Рентгеновский
- Какое излучение учитывается при расчёте суммарной солнечной радиации, падающей на наклонную поверхность?**
 - Только прямое
 - Только рассеянное
 - Прямое, рассеянное и отражённое от земли
 - Только отражённое
- Какой угол определяет высоту Солнца над горизонтом?**
 - Угол между направлением на Солнце и плоскостью горизонта
 - Азимут Солнца
 - Часовой угол
 - Угол наклона поверхности
- Что происходит в полупроводнике при поглощении фотона с энергией больше ширины запрещённой зоны?**
 - Рождается электрон-дырочная пара
 - Электрон переходит на более низкий энергетический уровень
 - Выделяется тепло
 - Происходит рекомбинация
- Какая область p-n перехода наиболее эффективно разделяет фотогенерированные носители заряда?**
 - Область пространственного заряда
 - Нейтральная область эмиттера

- в) Нейтральная область базы
 - г) Контактная область
7. **Что представляет собой вольт-амперная характеристика (ВАХ) солнечного элемента при освещении?**
- а) Зависимость тока от напряжения при постоянном сопротивлении нагрузки
 - б) Семейство кривых для разных температур
 - в) Смещение тёмной ВАХ вниз на величину фототока
 - г) Прямая линия с отрицательным наклоном
8. **Какой параметр солнечного элемента определяется как отношение максимальной выходной мощности к произведению тока короткого замыкания и напряжения холостого хода?**
- а) Квантовая эффективность
 - б) Фактор заполнения (Fill Factor)
 - в) Коэффициент полезного действия
 - г) Температурный коэффициент
9. **Как изменяется напряжение холостого хода кремниевого солнечного элемента при увеличении температуры?**
- а) Линейно возрастает
 - б) Линейно уменьшается
 - в) Не изменяется
 - г) Сначала возрастает, затем падает
10. **Какой механизм рекомбинации связан с наличием примесных центров или дефектов кристаллической решётки?**
- а) Излучательная рекомбинация
 - б) Оже-рекомбинация
 - в) Рекомбинация Шокли-Рид-Холла
 - г) Поверхностная рекомбинация
11. **Что такое спектральная чувствительность солнечного элемента?**
- а) Зависимость фототока от длины волны падающего света
 - б) Зависимость напряжения от температуры
 - в) Зависимость эффективности от угла падения
 - г) Зависимость тока от интенсивности освещения
12. **Каков оптимальный диапазон ширины запрещённой зоны для однопереходных солнечных элементов при наземном применении?**
- а) 0,5 – 1,0 эВ
 - б) 1,0 – 1,6 эВ
 - в) 1,6 – 2,2 эВ
 - г) 2,2 – 3,0 эВ
13. **Что такое ток короткого замыкания солнечного элемента?**
- а) Ток при нулевом напряжении на нагрузке
 - б) Максимальный ток, который может отдать элемент
 - в) Ток, при котором мощность максимальна
 - г) Ток утечки через шунтирующее сопротивление
14. **Какое соотношение между током короткого замыкания (I_{sc}) и фототоком (I_{ph}) для качественного солнечного элемента?**
- а) $I_{sc} \approx I_{ph}$
 - б) $I_{sc} \approx 2 I_{ph}$
 - в) $I_{sc} \approx I_{ph} / 2$
 - г) I_{sc} много меньше I_{ph}
15. **Какое явление приводит к тому, что часть поглощённой энергии не преобразуется в электричество?**
- а) Термализация носителей (потери на тепло)

- б) Эффект Зеемана
- в) Эффект Пельтье
- г) Эффект Комптона

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Что такое солнечная постоянная и каковы её численные значения?
2. Как изменяется спектр солнечного излучения при прохождении через атмосферу?
3. Какие параметры определяют положение Солнца на небосводе в заданной точке земной поверхности?
4. Как рассчитывается суммарная солнечная радиация, падающая на наклонную поверхность?
5. В чём заключается фотоэлектрический эффект в полупроводниках?
6. Как образуется р-п переход и почему он способен разделять фотогенерированные носители заряда?
7. Объясните вид вольт-амперной характеристики солнечного элемента при освещении.
8. Что такое ток короткого замыкания и напряжение холостого хода солнечного элемента?
9. Как определяется фактор заполнения и коэффициент полезного действия солнечного элемента?
10. Какие основные механизмы потерь энергии существуют в фотоэлектрическом преобразователе?
11. Как влияет ширина запрещённой зоны полупроводника на эффективность солнечного элемента?
12. Что такое спектральная чувствительность и квантовая эффективность?
13. Назовите основные материалы для изготовления солнечных элементов и их характеристики.
14. Каковы паспортные данные солнечного модуля в стандартных условиях испытаний (STC)?
15. Как влияет повышение температуры на выходные характеристики солнечного модуля?
16. Что такое номинальная рабочая температура элемента (NOCT) и для чего она используется?
17. Перечислите основные типы фотоэлектрических систем и критерии их выбора.
18. Какие источники данных о солнечной радиации применяются при проектировании?

19. Как проводится расчёт солнечного ресурса по среднемесячным значениям?
20. Что такое типовой метеорологический год и как он используется для моделирования выработки?
21. Как учитывается затенение от близлежащих объектов и рельефа при проектировании?
22. Назовите основные программные средства для моделирования выработки солнечной электростанции.
23. Какие этапы включает процесс проектирования фотоэлектрической системы?
24. Как выбирается конфигурация последовательного и параллельного соединения солнечных модулей?
25. По каким параметрам осуществляется выбор сетевого инвертора для солнечной электростанции?
26. Как рассчитывается необходимая ёмкость аккумуляторной батареи для автономной системы?
27. Как оптимизируются угол наклона и азимут ориентации солнечных модулей?
28. Какие САД-системы используются для разработки топологии размещения модулей?
29. Какие САЕ-инструменты применяются для расчёта ветровых и снеговых нагрузок на опорные конструкции?
30. Каков состав проектной документации на фотоэлектрическую систему в соответствии с российскими нормами?
31. Какие требования предъявляются к чертежам, схемам и спецификациям оборудования?
32. В чём заключается авторский надзор на этапах монтажа и пусконаладки?
33. Какие методы контроля качества применяются при приёмке оборудования солнечной электростанции?
34. Как проводится тепловизионная диагностика солнечных модулей и что она позволяет выявить?
35. Какие современные технологии повышают эффективность солнечных электростанций (бифасциальные модули, трекеры)?
36. Что такое плавучие солнечные электростанции и каковы их преимущества?
37. Как осуществляется интеграция солнечных элементов в строительные конструкции (BIPV)?
38. В чём особенности гибридных систем, сочетающих солнечную энергию с дизельными генераторами?

39. Как оценивается срок окупаемости и экономическая эффективность фотоэлектрической системы?

40. Какие перспективы развития солнечной энергетики и интеграции в умные энергосистемы (микросети) существуют?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические	хорошо		71-85

	инициативы	положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Развитие ВИЭ [Возобновляемых источников энергии] в России: технологии и экономика: учебное пособие / под ред. В. А. Зубакина, А. Е. Копылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Грифон, 2025.

Дополнительная литература:

1. Кашкаров, А. П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А. П. Кашкаров. — 2-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2021. — Текст: электронный // Znanium : электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858262>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Метрология солнечных элементов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области метрологического обеспечения фотоэлектрических преобразователей, включая физические принципы измерений, современные методы контроля параметров, обработку и оценку достоверности результатов, а также применение стандартизованных подходов к диагностике и испытаниям солнечных элементов для обеспечения качества и надёжности в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: физико-технические основы работы солнечных элементов, стандарты измерений и методы диагностики, измерительное оборудование и способы оценки метрологических неопределённостей. Уметь: формулировать задачи разработки на основе комплексного социально-экономического и междисциплинарного подхода, обосновывать выбор метрологических методов с учётом точности и экономической эффективности. Владеть: навыками работы с измерительным оборудованием, методами обработки данных, верификации измерительных систем и диагностики дефектов солнечных элементов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Метрология солнечных элементов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю,

выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике	Предмет и задачи метрологии фотоэлектрических преобразователей, физические основы работы солнечных элементов, роль измерений в верификации эффективности
2.	Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения	Параметры СЭ (I–V характеристики, КПД, FF), спектры AM1.5G и AM1.5D, влияние спектральных и температурных условий, особенности кремниевых, тандемных и перовскитных структур
3.	Методы электрических, оптических и спектральных измерений фотоэлектрических параметров	Электрические, оптические и спектральные методы измерений, определение внешней и внутренней квантовой эффективности, методы коррекции погрешностей
4.	Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов	Солнечные симуляторы класса AAA, SMU (source-measure units), спектрометры, системы EL/PL диагностики, калиброванные эталонные элементы
5.	Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов	Выбор и настройка измерительных конфигураций, юстировка оптических трактов, калибровка по эталонным образцам, проверка стабильности измерительных цепей
6.	Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей	Обработка I–V и P–V кривых, статистическая оценка погрешностей, аппроксимация однодиодной модели, анализ неопределённостей измерений
7.	Методы верификации измерительных систем и	Верификация измерительных систем, межлабораторные сравнения, сертификационные

	стандартизованные испытания по IEC	испытания по IEC 60904, контроль воспроизводимости результатов
8.	Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа тандемных солнечных элементов	Методы EL/PL визуализации, диагностика дефектов, метрология тандемных и bifacial солнечных элементов, машинное обучение в анализе изображений и деградации

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике

Вопросы для обсуждения: Какие задачи решает метрология фотоэлектрических преобразователей. Почему точность измерений критична для развития солнечной энергетики. Какие международные организации разрабатывают стандарты.

Тема 2: Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения

Вопросы для обсуждения: Какие физические процессы лежат в основе работы солнечного элемента. Что такое условия STC. Какие стандарты солнечного излучения приняты в мировой практике.

Тема 3: Методы электрических, оптических и спектральных измерений фотоэлектрических параметров

Вопросы для обсуждения: Как измеряются вольт-амперные характеристики. Какими приборами определяют квантовую эффективность. Каковы методы измерения последовательного и шунтирующего сопротивлений.

Тема 4: Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов.

Вопросы для обсуждения: Какие типы солнечных симуляторов используются для измерений. Какое оборудование необходимо для измерения внешней квантовой эффективности. Что такое электролюминесцентная диагностика.

Тема 5: Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов

Вопросы для обсуждения: Как производится юстировка измерительного стенда. Какие этапы включает калибровка солнечного симулятора. Как обеспечивается прослеживаемость измерений к эталонам.

Тема 6: Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей

Вопросы для обсуждения: Как оцениваются случайные и систематические погрешности измерений. Что такое неопределённость измерений типа А и типа Б. Как рассчитывается суммарная и расширенная неопределённость.

Тема 7: Методы верификации измерительных систем и стандартизованные испытания по IEC

Вопросы для обсуждения: Каковы основные стандарты IEC для испытаний солнечных элементов. Как проводится верификация измерительных систем. Как организуются межлабораторные сличения.

Тема 8: Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа тандемных

солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Как работает электролюминесцентная диагностика и какие дефекты она выявляет. Каковы методы диагностики tandemных солнечных элементов. Какие новые подходы к визуализации дефектов развиваются.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике

Вопросы для обсуждения: Изучение нормативной документации. Разбор примеров влияния погрешности измерений на экономические показатели.

Тема 2: Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт основных параметров солнечного элемента по ВАХ. Определение спектрального несоответствия.

Тема 3: Методы электрических, оптических и спектральных измерений фотоэлектрических параметров

Вопросы для обсуждения: Виртуальное измерение ВАХ с помощью симулятора. Определение последовательного и шунтирующего сопротивлений по наклону ВАХ.

Тема 4: Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов.

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством импульсного солнечного симулятора. Анализ паспортных данных измерительного оборудования.

Тема 5: Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов

Вопросы для обсуждения: Составление процедуры калибровки солнечного симулятора. Расчёт поправочных коэффициентов.

Тема 6: Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей

Вопросы для обсуждения: Расчёт среднего значения, дисперсии и стандартного отклонения. Оценка расширенной неопределённости.

Тема 7: Методы верификации измерительных систем и стандартизованные испытания по ИЕС

Вопросы для обсуждения: Составление плана квалификационных испытаний по ИЕС 61215. Оценка результатов испытаний.

Тема 8: Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа tandemных солнечных элементов

Вопросы для обсуждения: Интерпретация электролюминесцентных изображений. Анализ спектральной характеристики tandemного элемента.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей. Физико-технические основы работы солнечных элементов. Стандарты солнечного излучения. Методы электрических, оптических и спектральных измерений. Измерительное оборудование и системы диагностики. Конфигурация, юстировка и калибровка стендов. Обработка данных и оценка неопределённостей. Верификация по стандартам ИЕС. Современные методы диагностики дефектов и анализа tandemных элементов.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ метрологических требований. Расчёт параметров солнечного элемента по ВАХ.

Определение спектрального несоответствия. Виртуальные измерения ВАХ и квантовой эффективности. Оценка последовательного и шунтирующего сопротивлений. Калибровка солнечного симулятора. Расчёт среднего, дисперсии, неопределённости. Составление плана испытаний по ИЕС. Интерпретация электролюминесцентных изображений.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Метрологическое обеспечение фотоэлектрических измерений. Типы солнечных симуляторов. Калибровка и юстировка оборудования. Оценка неопределённости измерений. Электролюминесцентная и фотолюминесцентная диагностика. Анализ дефектов и tandemных 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 конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по

		дисциплине
Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике	ПК-3	Тестирование
Физико-технические основы работы солнечных элементов и стандарты солнечного излучения	ПК-3	Тестирование
Методы электрических, оптических и спектральных измерений фотоэлектрических параметров	ПК-3	Тестирование
Измерительное оборудование и лабораторные системы диагностики солнечных элементов	ПК-3	Тестирование
Конфигурация, юстировка и калибровка измерительных стендов и приборных комплексов	ПК-3	Тестирование
Методы обработки экспериментальных данных и оценка метрологических неопределённостей	ПК-3	Тестирование
Методы верификации измерительных систем и стандартизованные испытания по ИЕС	ПК-3	Тестирование
Современные методы диагностики, визуализации дефектов и анализа tandemных солнечных элементов	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в метрологию фотоэлектрических преобразователей и роль измерений в солнечной энергетике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Что является основной задачей метрологии фотоэлектрических преобразователей?**
 - Увеличение КПД солнечных элементов
 - Обеспечение точности, воспроизводимости и прослеживаемости измерений параметров солнечных элементов
 - Разработка новых материалов для фотоэлектрических устройств
 - Снижение себестоимости производства
- Почему точность измерений критична для развития солнечной энергетики?**
 - Потому что солнечные элементы очень дороги
 - Потому что неточные измерения приводят к ошибкам в расчёте энергоэффективности и коммерческим спорам
 - Потому что измерения занимают много времени
 - Потому что все измерительные приборы импортные
- Какая международная организация разрабатывает основные стандарты для фотоэлектрических измерений?**
 - ISO

- б) IEC
 - в) IEEE
 - г) ASTM
4. **Что такое прослеживаемость измерений?**
- а) Возможность повторного измерения тем же прибором
 - б) Свойство результата измерения быть связанным с национальными или международными эталонами через калибровку
 - в) Возможность проводить измерения в любых условиях
 - г) Свойство прибора работать без сбоев
5. **Какой документ устанавливает требования к измерительному оборудованию для тестирования солнечных элементов?**
- а) IEC 60904
 - б) ISO 9001
 - в) IEC 61215
 - г) IEC 61730
6. **Что такое эталонный солнечный элемент?**
- а) Самый эффективный солнечный элемент в партии
 - б) Сертифицированный элемент с известными характеристиками, используемый для калибровки
 - в) Образец для демонстрации работы
 - г) Элемент, изготовленный в лаборатории
7. **Какую роль играет метрология в сертификации солнечных модулей?**
- а) Метрология не влияет на сертификацию
 - б) Без метрологически подтверждённых измерений невозможна выдача сертификата соответствия
 - в) Сертификация проводится только визуально
 - г) Метрология нужна только для научных целей
8. **Что означает понятие «неопределённость измерений»?**
- а) Погрешность, вызванная неправильной эксплуатацией прибора
 - б) Параметр, характеризующий разброс значений, приписываемый результату измерения
 - в) Отсутствие знаний о величине
 - г) Качество прибора
9. **Какой стандарт определяет требования к солнечным симуляторам?**
- а) IEC 60904-9
 - б) IEC 61215
 - в) ISO 17025
 - г) IEC 61730
10. **Что такое межлабораторные сличения?**
- а) Соревнования между лабораториями
 - б) Сравнение результатов измерений одного и того же образца разными лабораториями для оценки компетентности
 - в) Обмен образцами между лабораториями
 - г) Поверка приборов
11. **Какая классификация солнечных симуляторов существует по степени спектрального соответствия?**
- а) А, В, С (от лучшего к худшему)
 - б) 1, 2, 3
 - в) Высокий, средний, низкий
 - г) Промышленный, лабораторный, полевой
12. **Что такое STC (Standard Test Conditions) для солнечных элементов?**
- а) Температура 25°C, освещённость 1000 Вт/м², спектр AM1.5
 - б) Температура 20°C, освещённость 800 Вт/м², спектр AM0

- в) Температура 30°C, освещённость 1200 Вт/м², спектр AM1.5G
 - г) Температура 0°C, освещённость 500 Вт/м², спектр AM2
13. **Почему важно проводить измерения при эталонных условиях?**
- а) Чтобы сравнивать характеристики разных модулей объективно
 - б) Чтобы упростить процедуру измерений
 - в) Чтобы снизить затраты на оборудование
 - г) Чтобы избежать нагрева модуля
14. **Что такое аккредитация испытательной лаборатории в области фотоэлектрики?**
- а) Получение лицензии на производство
 - б) Официальное признание компетентности лаборатории проводить определённые испытания и калибровки
 - в) Регистрация в государственном реестре
 - г) Членство в международной ассоциации
15. **Как метрология способствует снижению коммерческих рисков в солнечной энергетике?**
- а) Путём стандартизации размеров модулей
 - б) Путём обеспечения достоверных данных о мощности, что предотвращает споры между производителем и покупателем
 - в) Путём удешевления оборудования
 - г) Путём увеличения гарантийного срока
16. **Какой стандарт описывает общие требования к измерению вольт-амперных характеристик фотоэлектрических приборов?**
- а) IEC 60904-1
 - б) IEC 60904-2
 - в) IEC 60891
 - г) IEC 61853
17. **Что такое референсный солнечный элемент?**
- а) Случайный элемент из партии
 - б) Элемент с известной спектральной чувствительностью, используемый для коррекции измерений
 - в) Дефектный элемент для обучения
 - г) Элемент, не подлежащий калибровке
18. **Какова цель международной системы взаимного признания результатов калибровки?**
- а) Удешевить калибровку
 - б) Обеспечить единообразие измерений в глобальном масштабе
 - в) Заменить национальные эталоны
 - г) Упростить торговлю измерительным оборудованием
19. **Какое требование предъявляется к измерительным приборам согласно ISO/IEC 17025?**
- а) Они должны быть новыми
 - б) Они должны быть прослеживаемы к национальным эталонам
 - в) Они должны быть импортными
 - г) Они должны работать на батарейках
20. **Что является конечной целью метрологического обеспечения фотоэлектрических преобразователей?**
- а) Повышение КПД солнечных элементов
 - б) Гарантия достоверности и сопоставимости результатов измерений во всём мире
 - в) Снижение затрат на производство
 - г) Увеличение срока службы солнечных модулей

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет и задачи метрологии фотоэлектрических преобразователей. Роль измерений в солнечной энергетике.
2. Организации, разрабатывающие стандарты в области фотоэлектрических измерений (IEC, ISO).
3. Понятие прослеживаемости измерений и её значение для сертификации солнечных модулей.
4. Эталонные и референсные солнечные элементы: назначение, требования, калибровка.
5. Стандартные условия измерений (STC) и их влияние на сопоставимость результатов.
6. Классификация солнечных симуляторов по спектральному соответствию, неоднородности и временной нестабильности (классы А, В, С).
7. Физические основы работы солнечного элемента и формирование вольт-амперной характеристики.
8. Основные электрические параметры солнечного элемента: I_{sc} , V_{oc} , P_{max} , FF, η .
9. Методы измерения вольт-амперных характеристик (однократное сканирование, импульсные методы).
10. Определение последовательного и шунтирующего сопротивлений по тёмной и освещённой ВАХ.
11. Измерение внешней квантовой эффективности (EQE) и спектральной чувствительности.
12. Устройство и принцип работы измерительных стендов для тестирования солнечных элементов.
13. Конфигурация, юстировка и калибровка солнечного симулятора.
14. Оценка спектрального несоответствия и расчёт поправочных коэффициентов.
15. Обработка экспериментальных данных: оценка случайных и систематических погрешностей.
16. Неопределённость измерений типа А и типа Б. Расчёт суммарной и расширенной неопределённости.
17. Основные стандарты IEC для испытаний солнечных элементов и модулей (IEC 60904, IEC 61215).
18. Верификация измерительных систем и межлабораторные сличения.

19. Современные методы диагностики дефектов: электролюминесценция, фотолюминесценция, тепловидение.

20. Особенности метрологии tandemных и многопереходных солнечных элементов.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или	хорошо		71-85

		обосновывать практику применения			
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. Развитие ВИЭ [Возобновляемых источников энергии] в России: технологии и экономика: учебное пособие / под ред. В. А. Зубакина, А. Е. Копылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Грифон, 2025.

Дополнительная литература:

1. Велькин, В. И. Возобновляемая энергетика и энергосбережение: учебник для вузов / В. И. Велькин, Я. М. Щелоков, С. Е. Щеклеин; под общей редакцией В. И. Велькина. — Москва; Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2020. — 312 с. — ISBN 978-5-7996-3122-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424212>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Накопители электрической энергии».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических навыков в области физико-химических и электроэнергетических основ работы накопителей электрической энергии, методов их диагностики, проектирования, моделирования, испытаний и эксплуатации для эффективного применения в энергетических системах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей, их классификацию, методы диагностики и электрохимических измерений, принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS), методы математического моделирования и оценки деградации, способы испытаний и контроля качества. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий накопления энергии на основе фундаментальных знаний, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований конкретных приложений, обосновывать выбор типа накопителей и схемных решений для обеспечения эффективности и надёжности. Владеть: навыками проектирования аккумуляторных модулей с учётом инженерных требований, методами моделирования и идентификации параметров, способами испытаний и контроля качества, а также навыками интеграции систем накопления в энергетику, транспорт и распределённые энергосистемы.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Накопители электрической энергии» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике	Рассматриваются цели и задачи дисциплины, место накопителей энергии в структуре современных энергосистем, включая ВИЭ, транспорт и промышленность, а также основные вызовы энергетического перехода
2.	Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии	Изучаются базовые принципы преобразования и хранения энергии, электрохимические процессы, ключевые параметры аккумуляторов, суперконденсаторов и гибридных систем
3.	Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии	Анализируются литий-ионные, натрий-ионные, литий-серные, твердотельные аккумуляторы, а также водородные, механические и гибридные системы хранения энергии
4.	Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей	Рассматриваются методы циклических испытаний, спектроскопии электрохимического импеданса, вольтамперометрии и анализ деградации элементов
5.	Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)	Изучаются архитектуры аккумуляторных систем, методы балансировки ячеек, тепловое управление и алгоритмы защиты и управления состоянием батарей
6.	Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов	Рассматриваются модели эквивалентных схем, оценка состояния заряда и здоровья батарей, моделирование старения и прогнозирование ресурса

7.	Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом инженерных и эксплуатационных требований	Изучаются принципы компоновки модулей, электрическая и тепловая интеграция, а также требования безопасности при лабораторной и промышленной реализации
8.	Методы испытаний, контроля качества и оценки надежности систем накопления энергии	Рассматриваются стандартизированные процедуры тестирования, анализ отказов, термическая стабильность и методы оценки долговечности систем
9.	Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии	Анализируются новые материалы, твердотельные технологии, цифровые двойники, интеллектуальные системы управления и интеграция с smart grid
10.	Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах	Изучаются практические сценарии использования накопителей в электромобилях, возобновляемой энергетике, микросетях и системах стабилизации энергосетей

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике

Вопросы для обсуждения: Основные проблемы энергетики, решаемые системами накопления энергии. Роль накопителей в интеграции возобновляемых источников. Факторы, стимулирующие развитие технологий накопления. Основные области применения накопителей.

Тема 2: Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Физические и химические процессы в литий-ионных, свинцово-кислотных и никель-металлгидридных аккумуляторах. Понятия ёмкости, энергии, мощности, внутреннего сопротивления, КПД. Зависимость характеристик от температуры и тока нагрузки.

Тема 3: Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии

Вопросы для обсуждения: Основные типы накопителей: электрохимические, электростатические, электромеханические, тепловые. Сравнение литий-ионных, свинцово-кислотных, натрий-серных аккумуляторов, проточных редокс-батарей и суперконденсаторов по удельной энергии, мощности, сроку службы, безопасности, стоимости.

Тема 4: Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей

Вопросы для обсуждения: Основные измеряемые параметры: ёмкость, внутреннее сопротивление, саморазряд, кулоновская эффективность. Гальваностатическое и потенциостатическое циклирование. Метод электрохимической импедансной спектроскопии.

Тема 5: Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)

Вопросы для обсуждения: Состав аккумуляторной системы: ячейки, шины, корпус, охлаждение, BMS. Функции BMS: защита, балансировка, мониторинг, оценка состояния

заряда и здоровья. Алгоритмы пассивной и активной балансировки.

Тема 6: Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов

Вопросы для обсуждения: Модели накопителей (эквивалентные электрические схемы, физико-химические модели). Идентификация параметров по импедансным спектрам. Механизмы старения (рост SEI, потеря активного материала). Прогнозирование остаточного ресурса.

Тема 7: Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом инженерных и эксплуатационных требований

Вопросы для обсуждения: Выбор ячеек под заданную мощность и ёмкость. Расчёт последовательного и параллельного соединения. Требования к тепловому управлению и механической прочности. Материалы для корпусов и изоляции.

Тема 8: Методы испытаний, контроля качества и оценки надежности систем накопления энергии

Вопросы для обсуждения: Стандарты испытаний (IEC, ISO, UN). Виды испытаний: электрические, климатические, механические, безопасности. Оценка надёжности и прогнозирование срока службы.

Тема 9: Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Новые технологии: твердотельные аккумуляторы, литий-серные, литий-воздушные, натрий-ионные. Преимущества и недостатки. Тренды повышения энергоплотности, снижения стоимости, обеспечения безопасности.

Тема 10: Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах

Вопросы для обсуждения: Применение для сглаживания пиков нагрузки, повышения качества электроэнергии. Использование в электромобилях, гибридных поездах, космических аппаратах. Роль в микросетях и виртуальных электростанциях.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике

Вопросы для обсуждения: Анализ статистики установленной мощности накопителей в мире. Оценка экономической эффективности проектов (сглаживание выработки СЭС, резервное питание ЦОД). Выбор технологии для конкретного сценария.

Тема 2: Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Расчёт теоретической удельной ёмкости электродных материалов по закону Фарадея. Построение кривых заряда-разряда. Расчёт энергии, мощности, КПД.

Тема 3: Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии

Вопросы для обсуждения: Заполнение таблицы сравнения типов накопителей (удельная энергия, мощность, стоимость за кВт·ч, срок службы, число циклов). Выбор технологии для заданного сценария.

Тема 4: Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей

Вопросы для обсуждения: Обработка данных заряд-разрядного теста (построение графика $U(Q)$, вычисление ёмкости, энергии, внутреннего сопротивления). Расчёт параметров по импедансному спектру.

Тема 5: Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)

Вопросы для обсуждения: Разработка принципиальной схемы BMS для заданной конфигурации (например, 4S). Выбор датчиков тока, напряжения, температуры.

Алгоритм определения SOC методом кулонного счёта.

Тема 6: Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов

Вопросы для обсуждения: Идентификация параметров эквивалентной схемы (R_{int} , $RIC1$) по экспериментальным данным. Построение модели старения по кривым потери ёмкости. Прогнозирование остаточного ресурса.

Тема 7: Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом инженерных и эксплуатационных требований

Вопросы для обсуждения: Создание 3D-модели аккумуляторного модуля в CAD. Проектирование токоведущих шин. Расчёт тепловыделения и выбор системы охлаждения.

Тема 8: Методы испытаний, контроля качества и оценки надежности систем накопления энергии

Вопросы для обсуждения: Составление плана испытаний по стандарту для электромобильного аккумулятора. Анализ результатов тестов на безопасность. Расчёт показателей надёжности (интенсивность отказов, вероятность безотказной работы).

Тема 9: Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии

Вопросы для обсуждения: Чтение и анализ научных статей о твердотельных или натрий-ионных аккумуляторах. Оценка потенциала новых технологий по энергоплотности, стоимости, безопасности.

Тема 10: Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах

Вопросы для обсуждения: Расчёт требуемой ёмкости накопителя для автономной солнечной системы. Моделирование работы микросети с накопителем. Оценка срока окупаемости инвестиций в аккумуляторную систему хранения энергии.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физико-химические основы работы накопителей энергии. Классификация и сравнительный анализ технологий накопления. Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS). Методы испытаний, контроля качества и оценки надёжности.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт ёмкости, энергии, мощности, КПД по заряд-разрядным кривым. Сравнение характеристик различных типов накопителей. Идентификация параметров эквивалентной схемы по импедансным данным. Прогнозирование остаточного ресурса батареи. Создание 3D-модели аккумуляторного модуля.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физико-химические основы работы накопителей. Классификация технологий (Li-ion, свинцово-кислотные, суперконденсаторы). Функции BMS: защита, балансировка, мониторинг, оценка SOC/SOH. Методы испытаний (электрические, климатические, механические). Прогнозирование срока службы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие

действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике	ПК-1	Тестирование
Физико-химические и электроэнергетические основы работы накопителей энергии	ПК-1	Тестирование
Классификация и сравнительный анализ технологий накопления электрической энергии	ПК-1	Тестирование
Методы экспериментальной диагностики и электрохимических измерений параметров накопителей	ПК-1	Тестирование
Принципы проектирования аккумуляторных систем и систем управления батареями (BMS)	ПК-1	Тестирование

Математическое моделирование, идентификация параметров и анализ деградационных процессов	ПК-1	Тестирование
Проектирование и прототипирование аккумуляторных модулей с учетом инженерных и эксплуатационных требований	ПК-1	Тестирование
Методы испытаний, контроля качества и оценки надежности систем накопления энергии	ПК-1	Тестирование
Современные технологические тренды и перспективные направления развития накопителей энергии	ПК-1	Тестирование
Комплексное применение систем накопления энергии в энергетике, транспорте и распределённых энергосистемах	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в дисциплину и роль систем накопления электрической энергии в современной энергетике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Какая основная проблема энергетики решается с помощью систем накопления электрической энергии (СНЭЭ)?**
 - Увеличение мощности электростанций
 - Снижение потерь в линиях электропередач
 - Сглаживание непостоянства выработки возобновляемых источников (солнца, ветра)
 - Замена трансформаторов
- Что является главным стимулом для развития технологий накопления энергии в мире?**
 - Снижение стоимости нефти
 - Необходимость интеграции солнечных и ветровых электростанций в энергосистему
 - Увеличение потребления угля
 - Запрет на использование атомной энергии
- В какой из перечисленных областей системы накопления энергии применяются наиболее широко?**
 - Только в космической отрасли
 - В бытовой технике, промышленности, на транспорте и в сетевой энергетике
 - Только в мобильных телефонах
 - Только на гидроэлектростанциях
- Как системы накопления помогают повысить качество электроэнергии в сети?**
 - Увеличивают напряжение
 - Компенсируют кратковременные провалы и скачки напряжения, стабилизируют частоту
 - Заменяют трансформаторы
 - Уменьшают активную мощность

5. **Что такое «peak shaving» применительно к системам накопления?**
а) Увеличение пиковой мощности
б) Сглаживание пиков потребления электроэнергии (заряд накопителя в дешевые часы, разряд в пиковые)
в) Отключение потребителей
г) Передача энергии на дальние расстояния
6. **Почему накопители энергии критически важны для автономных систем (например, для отдалённых посёлков на солнечных батареях)?**
а) Они дешевле генераторов
б) Они обеспечивают энергией в ночное время и при отсутствии солнца
в) Они не требуют обслуживания
г) Они повышают напряжение
7. **Какая из перечисленных технологий накопления энергии наиболее распространена в электромобилях и портативной электронике?**
а) Свинцово-кислотные аккумуляторы
б) Литий-ионные аккумуляторы
в) Проточные редокс-батареи
г) Суперконденсаторы
8. **Какое требование к системам накопления является наиболее важным для их применения в электромобилях?**
а) Низкая стоимость
б) Высокая удельная энергия (ёмкость на единицу массы)
в) Простота утилизации
г) Большой саморазряд
9. **Как накопители энергии способствуют повышению надёжности электроснабжения промышленных предприятий?**
а) Заменяют основную сеть
б) Служат источником бесперебойного питания (ИБП) при авариях и кратковременных отключениях
в) Увеличивают мощность генераторов
г) Снижают потребление
10. **Что понимается под «виртуальной электростанцией» (VPP) в контексте систем накопления?**
а) Программа на компьютере
б) Объединение распределённых накопителей и генерации в единую управляемую систему, которая может поставлять мощность в сеть
в) Электростанция без турбин
г) Симулятор работы электростанции
- 11.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Какие основные проблемы энергетики решаются с помощью систем накопления электрической энергии?
2. Роль накопителей в интеграции возобновляемых источников энергии (солнечных и ветровых электростанций) в энергосистему.
3. Основные области применения систем накопления энергии: бытовая, промышленная, сетевая, транспорт.

4. Физико-химические основы работы литий-ионных аккумуляторов. Принцип действия и основные компоненты (анод, катод, электролит, сепаратор).
5. Физико-химические основы работы свинцово-кислотных аккумуляторов. Достоинства и недостатки.
6. Основные электрические характеристики накопителей: ёмкость, энергия, мощность, внутреннее сопротивление, КПД, саморазряд.
7. Зависимость характеристик аккумуляторов от температуры и тока нагрузки.
8. Классификация технологий накопления электрической энергии: электрохимические, электростатические, электромеханические, тепловые.
9. Сравнительный анализ литий-ионных, свинцово-кислотных, никель-металлгидридных аккумуляторов по удельной энергии, удельной мощности, сроку службы, стоимости, безопасности.
10. Проточные редокс-батареи: принцип работы, преимущества и ограничения.
11. Суперконденсаторы: физические принципы накопления заряда, сравнение с аккумуляторами.
12. Основные методы экспериментальной диагностики параметров накопителей: гальваностатическое и потенциостатическое циклирование.
13. Метод электрохимической импедансной спектроскопии (EIS): что позволяет определить в накопителе.
14. Измерение ёмкости, внутреннего сопротивления, кулоновской эффективности при заряд-разрядных тестах.
15. Состав аккумуляторной системы: ячейки, соединительные шины, корпус, система охлаждения, система управления батареями (BMS).
16. Функции системы управления батареями (BMS): защита от перезаряда, переразряда, перегрева, короткого замыкания.
17. Балансировка ячеек в аккумуляторной батарее: пассивная и активная балансировка, их алгоритмы и сравнение.
18. Методы оценки состояния заряда (SOC) и состояния здоровья (SOH) аккумуляторной батареи.
19. Эквивалентные электрические схемы для моделирования аккумуляторов (R_{int} , R_1C_1 и др.). Идентификация параметров по импедансным спектрам.
20. Механизмы старения и деградации литий-ионных аккумуляторов (рост SEI-плёнки, потеря активного материала, деградация электролита).
21. Методы прогнозирования остаточного ресурса аккумуляторных батарей на основе моделей старения.

22. Основные стандарты испытаний систем накопления энергии (IEC 62660, ISO 12405, UN 38.3). Виды испытаний (электрические, климатические, механические, на безопасность).

23. Современные и перспективные технологии накопителей: твердотельные аккумуляторы, литий-серные, литий-воздушные, натрий-ионные. Их преимущества и проблемы.

24. Применение систем накопления в электромобилях, гибридных поездах, космических аппаратах.

25. Использование накопителей в микросетях (microgrids) и виртуальных электростанциях (VPP) для сглаживания пиков нагрузки и повышения надёжности.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности,	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из	хорошо		71-85

	нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Козадеров, О. А. Современные химические источники тока: учебное пособие для вузов / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 132 с. — ISBN 978-5-507-50456-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504571>

2. Соренсен, Б. Преобразование, передача и аккумуляция энергии: учебное пособие / Б. Соренсен ; под ред. А. Д. Калашникова. — Москва: Интеллект, 2026. — 294 с. — ISBN 978-5-91559-056-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=477446>

Дополнительная литература:

1. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие / С. Н. Удалов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. — 459 с. — ISBN 978-5-7782-2467-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/556622>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Современные проблемы солнечной энергетики».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов углублённых знаний о фундаментальных физических ограничениях и современных проблемах солнечной энергетики, методах математического моделирования, оценки надёжности и интеграции фотоэлектрических систем, а также практических навыков проектирования, испытаний и сертификации для эффективного применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: современную структуру солнечной энергетики, физические основы преобразования солнечного излучения, теоретические пределы эффективности и физические ограничения, методы моделирования и инструменты проектирования, принципы обеспечения надёжности и управления жизненным циклом, подходы к испытаниям и сертификации, современные технологические тренды и принципы интеграции в энергосистемы. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий в солнечной энергетике на основе фундаментальных знаний, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений, обосновывать выбор технологических решений для повышения эффективности и надёжности систем. Владеть: навыками математического и мультифизического моделирования, методами проектирования солнечных установок, способами оценки деградации и жизненного цикла, приёмами испытаний и сертификации, а также навыками

		интеграции солнечных систем с накопителями энергии и энергосистемами.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Современные проблемы солнечной энергетики» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)	Обзор фотоэлектрических и термальных солнечных технологий, их физические принципы и области применения
2.	Физические основы преобразования солнечного излучения	Спектр солнечного излучения, полупроводниковая фотоэлектрическая генерация, термодинамика солнечных коллекторов
3.	Теоретические пределы эффективности и физические ограничения	Предел Шокли–Квайссера, рекомбинационные процессы, оптические и тепловые потери
4.	Методы математического и мультифизического моделирования	Модели PV-элементов, тепловых систем CSP, численные методы и имитационное моделирование
5.	Инструменты проектирования солнечных энергетических систем	Программные средства расчёта PV-станций, оптимизация конфигураций и энергетического выхода
6.	Надёжность, деградация и	PID-эффект, деградация материалов,

	жизненный цикл систем	климатические воздействия, основы LCA и переработки модулей
7.	Проектирование и реализация солнечных установок	Инженерное проектирование станций, BIPV и агрофотовольтаические системы
8.	Испытания, сертификация и стандартизация	Методы лабораторных испытаний, полевые тесты, стандарты IEC 61215 и IEC 61730
9.	Современные технологические тренды	Перовскитные и tandemные элементы, BIPV, agrivoltaics, рециклинг солнечных панелей
10.	Интеграция в энергосистемы и накопители энергии	Сетевые режимы работы, smart grid, балансировка нагрузки, гибридные энергетические системы

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)

Вопросы для обсуждения: Основные типы солнечных энергетических систем и их структура. Отличия фотоэлектрических и концентрирующих солнечных станций по принципу работы и областям применения. Современное распределение мощностей между фотоэлектрическими и концентрирующими системами в мире и в России.

Тема 2: Физические основы преобразования солнечного излучения.

Вопросы для обсуждения: Фундаментальные механизмы преобразования солнечного света в электричество в полупроводниках. Принцип работы концентрирующих солнечных систем. Влияние спектрального состава солнечного излучения на эффективность различных технологий.

Тема 3: Теоретические пределы эффективности и физические ограничения.

Вопросы для обсуждения: Причины ограничений эффективности. Перспективы преодоления пределов с помощью многопереходных и tandemных структур.

Тема 4: Методы математического и мультифизического моделирования

Вопросы для обсуждения: Роль математического моделирования в прогнозировании выработки и оптимизации солнечных систем. Мультифизический подход, учитывающий электрические, тепловые, оптические и климатические взаимодействия. Примеры использования конечно-элементного моделирования для анализа тепловых полей и деформаций.

Тема 5: Инструменты проектирования солнечных энергетических систем

Вопросы для обсуждения: Специализированное программное обеспечение для проектирования фотоэлектрических и концентрирующих систем. Функции программного обеспечения: расчёт инсоляции, выбор оборудования, экономический анализ. Преимущества и недостатки различных инструментов проектирования.

Тема 6: Надёжность, деградация и жизненный цикл систем.

Вопросы для обсуждения: Основные механизмы деградации солнечных модулей. Методы оценки надёжности. Понятие жизненного цикла солнечной электростанции и факторы, влияющие на его продолжительность.

Тема 7: Проектирование и реализация солнечных установок

Вопросы для обсуждения: Этапы проектирования от предварительной оценки ресурса до технико-экономического обоснования. Особенности проектирования наземных, крышных,

плавающих и интегрированных в здания систем. Типичные ошибки при проектировании и способы их устранения.

Тема 8: Испытания, сертификация и стандартизация

Вопросы для обсуждения: Основные стандарты для солнечных панелей и компонентов. Типы квалификационных испытаний. Процедура сертификации и маркировка продукции.

Тема 9: Современные технологические тренды

Вопросы для обсуждения: Развитие тандемных и перовскитных солнечных элементов, достигнутые рекордные КПД. Интеграция солнечной генерации с накопителями и цифровизация управления.

Тема 10: Интеграция в энергосистемы и накопители энергии

Вопросы для обсуждения: Проблемы интеграции больших объёмов солнечной энергии в традиционные энергосистемы. Роль накопителей в сглаживании пиков и повышении надёжности. Примеры успешной интеграции солнечных станций с системами накопления.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)

Вопросы для обсуждения: Анализ актуальной статистики установленных мощностей фотоэлектрических и концентрирующих систем по странам и регионам. Расчёт доли солнечной энергии в общем энергобалансе на примере конкретных стран. Сравнение капитальных затрат и удельной стоимости электроэнергии для фотоэлектрических и концентрирующих систем.

Тема 2: Физические основы преобразования солнечного излучения.

Вопросы для обсуждения: Расчёт теоретической максимальной мощности фотоэлектрического элемента по заданной спектральной характеристике. Определение влияния угла падения солнечных лучей на выработку фотоэлектрического модуля. Оценка тепловых потерь в концентрирующей системе в зависимости от концентрации излучения.

Тема 3: Теоретические пределы эффективности и физические ограничения.

Вопросы для обсуждения: Анализ потерь эффективности в реальном солнечном элементе по экспериментальным данным. Оценка потенциала повышения КПД при переходе от однопереходных к тандемным структурам.

Тема 4: Методы математического и мультифизического моделирования

Вопросы для обсуждения: Построение простой модели выработки фотоэлектрической станции в электронной таблице по данным об инсоляции и температуре. Знакомство с интерфейсом и базовыми функциями специализированного программного обеспечения. Выполнение учебного расчёта выработки для заданной локации и конфигурации.

Тема 5: Инструменты проектирования солнечных энергетических систем

Вопросы для обсуждения: Сравнение результатов проектирования одной и той же системы в разных программных продуктах. Оценка влияния выбранного состава оборудования на итоговую выработку и экономику. Автоматизация подбора компонентов с использованием встроженных баз данных.

Тема 6: Надёжность, деградация и жизненный цикл систем.

Вопросы для обсуждения: Обработка реальных данных мониторинга стареющей солнечной станции для определения скорости деградации. Анализ типовых дефектов по фотографиям электролюминесценции и тепловизионным снимкам. Расчёт срока окупаемости с учётом деградации и затрат на эксплуатацию.

Тема 7: Проектирование и реализация солнечных установок

Вопросы для обсуждения: Разработка эскизного проекта солнечной электростанции для заданного потребителя. Выбор оптимального угла наклона и азимута с использованием онлайн-калькуляторов. Составление спецификации основного оборудования и оценка бюджета проекта.

Тема 8: Испытания, сертификация и стандартизация

Вопросы для обсуждения: Изучение протоколов типовых испытаний солнечных модулей

по стандартам. Проведение виртуального теста на устойчивость к граду. Заполнение контрольного листа сертификации для гипотетического модуля.

Тема 9: Современные технологические тренды

Вопросы для обсуждения: Анализ научных статей о рекордных значениях КПД лабораторных солнечных элементов. Обсуждение перспектив коммерциализации новых технологий на основе анализа затрат и масштабируемости. Сравнение характеристик бифасциальных модулей и трекеров по эффективности и стоимости.

Тема 10: Интеграция в энергосистемы и накопители энергии

Вопросы для обсуждения: Расчёт требуемой ёмкости накопителя для сглаживания суточной неравномерности выработки фотоэлектрической станции. Моделирование работы микросети с солнечной генерацией, накопителем и дизельным генератором. Оценка экономической целесообразности добавления накопителя к существующей солнечной электростанции.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Современная структура солнечной энергетики. Физические основы преобразования солнечного излучения. Теоретические пределы эффективности и физические ограничения. Методы математического и мультифизического моделирования. Инструменты проектирования солнечных энергетических систем. Надёжность, деградация и жизненный цикл систем. Проектирование и реализация солнечных установок. Испытания, сертификация и стандартизация. Современные технологические тренды. Интеграция в энергосистемы и накопители энергии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ статистики установленных мощностей PV и CSP. Расчёт выработки по данным инсоляции. Оценка тепловых потерь и эффективности. Сравнение инструментов проектирования. Обработка данных о деградации. Эскизное проектирование солнечной станции. Изучение протоколов испытаний. Анализ научных статей по новым технологиям. Расчёт ёмкости накопителя для сглаживания неравномерности.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Отличия PV и CSP систем. Физические основы преобразования. Предел Шокли-Квайссера. Факторы деградации. Стандарты испытаний (IEC 61215, IEC 61730). Методы моделирования. Этапы проектирования. Интеграция с накопителями. Современные технологические тренды.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)	ПК-1	Тестирование
Физические основы преобразования солнечного излучения	ПК-1	Тестирование
Теоретические пределы эффективности и физические ограничения	ПК-1	Тестирование
Методы математического и мультифизического моделирования	ПК-1	Тестирование
Инструменты проектирования солнечных энергетических систем	ПК-1	Тестирование
Надёжность, деградация и жизненный цикл систем	ПК-1	Тестирование
Проектирование и реализация солнечных установок	ПК-1	Тестирование
Испытания, сертификация и стандартизация	ПК-1	Тестирование
Современные технологические тренды	ПК-1	Тестирование
Интеграция в энергосистемы и накопители энергии	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки

знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Современная структура солнечной энергетики (PV и CSP-системы)»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Как расшифровывается аббревиатура PV в контексте солнечной энергетики?**
 - а) Photovoltaic
 - б) Power Voltage
 - в) Pressure Vessel
 - г) Photo Valve
2. **Какая технология преобразует солнечную энергию в электричество непосредственно, без промежуточного теплового цикла?**
 - а) Концентрирующие солнечные системы (CSP)
 - б) Фотоэлектрические системы (PV)
 - в) Солнечные коллекторы
 - г) Термодинамические башни
3. **Что является общим элементом для всех типов концентрирующих солнечных систем (CSP)?**
 - а) Полупроводниковые пластины
 - б) Солнечные трекеры
 - в) Система зеркал для концентрации излучения и тепловой двигатель (турбина)
 - г) Электролизёр для производства водорода
4. **Какой тип CSP-систем использует параболические зеркала для нагрева теплоносителя в трубке, расположенной в фокусе?**
 - а) Башенная система (power tower)
 - б) Параболические желобчатые концентраторы (parabolic trough)
 - в) Система Френеля
 - г) Тарельчатые стерлинговые системы
5. **Какая страна является мировым лидером по установленной мощности фотоэлектрических станций?**
 - а) США
 - б) Германия
 - в) Китай
 - г) Индия
6. **Каков типичный диапазон КПД современных серийных кремниевых фотоэлектрических модулей?**
 - а) 5–10%
 - б) 15–22%
 - в) 30–40%
 - г) 50–60%
7. **Что такое бифасциальный солнечный модуль?**
 - а) Модуль с двусторонней чувствительностью к свету (улавливает отражённое от земли излучение)
 - б) Модуль, работающий при двукратном освещении
 - в) Модуль с двумя независимыми выходами
 - г) Модуль с двумя слоями защиты
8. **Для какого типа CSP-станций требуется прямое нормальное излучение (DNI) и обычно используются системы слежения за Солнцем?**
 - а) Только для плоских PV-панелей
 - б) Для всех PV-систем
 - в) Для концентрирующих систем (CSP)
 - г) Для гибридных систем

9. **Какую основную функцию выполняет теплоноситель в CSP-станциях?**
а) Охлаждение панелей
б) Передача тепла от концентратора к тепловому двигателю (турбине)
в) Преобразование света в электричество
г) Защита от перегрева
10. **Что такое «уровнянная стоимость электроэнергии» (LCOE) для солнечных станций?**
а) Стоимость одной панели
б) Средняя цена на электроэнергию от солнечной станции за весь жизненный цикл (капитальные и эксплуатационные затраты, делённые на выработку)
в) Цена на оптовом рынке
г) Субсидия государства
11. **Какая из перечисленных технологий относится к фотоэлектрической, а не к термодинамической?**
а) Параболические желоба
б) Солнечные башни
в) Тонкоплёночные модули (CIGS, CdTe)
г) Системы с тарелкой Стирлинга
12. **Какова основная тенденция в мировой солнечной энергетике последних лет по соотношению PV и CSP?**
а) CSP доминирует благодаря возможности накопления тепла
б) PV доминирует благодаря резкому снижению стоимости и простоте масштабирования
в) Обе технологии развиваются одинаковыми темпами
г) PV уступает из-за низкой эффективности
13. **Что такое «сетевой паритет» для солнечной энергетики?**
а) Равенство мощности солнечной станции и мощности традиционной электростанции
б) Достижение стоимости электроэнергии от солнечной станции уровня розничных тарифов или ниже
в) Подключение к единой энергосистеме
г) Международное соглашение по климату
14. **Какой фактор в наибольшей степени влияет на выбор между PV и CSP для конкретного проекта?**
а) Только стоимость земли
б) Уровень прямого нормального излучения (DNI) и необходимость в аккумулировании тепла
в) Простота обслуживания
г) Экологические ограничения
15. **Какая аббревиатура соответствует системе концентрирующей фотоэлектрики (сочетание концентраторов и высокоэффективных PV-элементов)?**
а) CPV
б) HCPV
в) PVT
г) CSP

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Назовите основные типы солнечных энергетических систем (PV и CSP) и их отличия по принципу работы.
2. Каковы современные тенденции в распределении мощностей между фотоэлектрическими и концентрирующими солнечными станциями в мире и в России?
3. Объясните физический механизм преобразования солнечного излучения в электричество в полупроводниковом фотоэлектрическом элементе.

4. Какие физические факторы ограничивают теоретическую эффективность однопереходного солнечного элемента? Сформулируйте предел Шокли-Квайссера.
5. Каким образом многопереходные и tandemные солнечные элементы позволяют преодолеть теоретический предел эффективности?
6. Что такое мультифизическое моделирование солнечных энергосистем и какие взаимодействия оно учитывает (электрические, тепловые, оптические)?
7. Назовите основные специализированные программные инструменты для проектирования фотоэлектрических систем и их ключевые функции.
8. Каковы основные механизмы деградации солнечных модулей в процессе эксплуатации?
9. Какие методы и стандарты используются для оценки надёжности и прогнозирования срока службы солнечных электростанций?
10. Перечислите основные этапы проектирования и реализации солнечной установки от предварительной оценки ресурса до технико-экономического обоснования.
11. В чем особенности проектирования наземных, крышных, плавучих и интегрированных в здания фотоэлектрических систем?
12. Назовите ключевые стандарты испытаний солнечных модулей (IEC 61215, IEC 61730) и перечислите основные типы квалификационных испытаний.
13. Каковы современные технологические тренды в области солнечной энергетики (перовскитные и tandemные элементы, бифасциальные модули, системы слежения)?
14. Какие проблемы возникают при интеграции больших объёмов солнечной генерации в традиционные энергосистемы и как они решаются?
15. Какую роль играют системы накопления энергии (литий-ионные, проточные батареи) в повышении надёжности и управляемости солнечных электростанций?
16. Чем отличаются системы концентрирующей солнечной энергетики (CSP) от фотоэлектрических по возможности аккумулирования тепла и круглосуточной работы?
17. Каковы типичные значения эффективности современных серийных кремниевых модулей и лабораторных рекордных элементов (перовскитных, tandemных)?
18. Что такое уровеньная стоимость электроэнергии (LCOE) и как она изменилась для солнечных станций за последнее десятилетие?
19. Как влияют температурные условия и затенение на выработку фотоэлектрической станции и как эти факторы учитываются при проектировании?
20. Каковы перспективы использования искусственного интеллекта и цифровых двойников для оптимизации работы и обслуживания солнечных энергосистем?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически	удовлетворительно		55-70

(достаточный)		контролируемого материала			
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55	

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Козадеров, О. А. Современные химические источники тока: учебное пособие для вузов / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 132 с. — ISBN 978-5-507-50456-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/504571>
2. Соренсен, Б. Преобразование, передача и аккумуляция энергии: учебное пособие / Б. Соренсен ; под ред. А. Д. Калашникова. — Москва: Интеллект, 2026. — 294 с. — ISBN 978-5-91559-056-3. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=477446>

Дополнительная литература:

2. Удалов, С. Н. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие / С. Н. Удалов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. — 459 с. — ISBN 978-5-7782-2467-4. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/556622>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий

лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний в области правовых, организационных и технических основ промышленной безопасности и охраны труда, а также практических навыков управления профессиональными рисками, безопасной эксплуатации производственного оборудования, организации безопасных условий труда на предприятиях наукоёмких производств в соответствии с требованиями Трудового кодекса РФ и Федерального закона № 116-ФЗ.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: нормативно-правовые основы охраны труда и промышленной безопасности, методы управления рисками, требования к безопасности оборудования, средств защиты и действиям в ЧС. Уметь: формулировать задачи обеспечения безопасности с учётом социально-экономических и междисциплинарных аспектов, обосновывать организационно-технические решения. Владеть: навыками разработки мероприятий по охране труда, оценки рисков, организации обучения, применения средств защиты и расследования несчастных случаев.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Промышленная безопасность и охрана труда на производстве» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю,

выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	Изучение раздела X Трудового кодекса РФ, прав и обязанностей работодателя и работника, государственного надзора в сфере охраны труда.
2.	Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	Требования Федерального закона № 116-ФЗ к эксплуатации опасных производственных объектов, лицензированию и экспертизе промышленной безопасности.
3.	Управление профессиональными рисками	Практические методы идентификации опасностей, оценки уровней профессиональных рисков и разработки карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
4.	Безопасность производственного оборудования и технологий	Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением; организация производственного контроля и технического диагностирования.
5.	Организация охраны труда на предприятии	Разработка локальных нормативных актов, положение о СУОТ, порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ).
6.	Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	Виды инструктажей, порядок обучения требованиям охраны труда, документальное оформление и контроль знаний работников.
7.	Средства индивидуальной и коллективной защиты	Нормы выдачи СИЗ, правила выбора и эксплуатации, обеспечение работников сертифицированными средствами защиты.
8.	Пожарная безопасность и действия в ЧС	Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности, системы противопожарной защиты, планы ликвидации аварий.
9.	Обращение с промышленными отходами в контексте	Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности, профилактика инцидентов.

	безопасности	
10.	Расследование и учёт несчастных случаев на производстве	Порядок расследования микротравм и несчастных случаев, оформление актов по форме Н-1, анализ причин и профилактика повторных случаев.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Раздел X Трудового кодекса РФ. Права и обязанности работодателя и работника в области охраны труда. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Ответственность за нарушение требований охраны труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов. Лицензирование деятельности. Экспертиза промышленной безопасности.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Методы идентификации опасностей на рабочих местах. Оценка уровней профессиональных рисков. Разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда. Мероприятия по снижению рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов, сосудов под давлением. Организация производственного контроля. Техническое диагностирование оборудования. Остановка и ремонт.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ). Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Виды инструктажей по охране труда (вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой). Порядок обучения требованиям охраны труда. Проверка знаний. Документальное оформление.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Нормы выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ). Правила выбора и эксплуатации СИЗ. Обеспечение работников сертифицированными средствами защиты. Средства коллективной защиты на производстве.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты (сигнализация, оповещение, пожаротушение). Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке отходов I–IV классов опасности. Профилактика инцидентов. Документальное оформление обращения с отходами.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве. Оформление актов по форме Н-1. Анализ причин несчастных случаев. Профилактика повторных случаев.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)

Вопросы для обсуждения: Анализ конкретных статей ТК РФ. Разбор ситуационных задач по правам и обязанностям работника и работодателя. Составление локального акта по охране труда.

Тема 2: Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)

Вопросы для обсуждения: Идентификация опасных производственных объектов по признакам. Разработка перечня лицензируемых видов деятельности. Экспертиза промышленной безопасности: практические примеры.

Тема 3: Управление профессиональными рисками

Вопросы для обсуждения: Проведение идентификации опасностей на рабочем месте по чек-листу. Оценка рисков по методике Минтруда. Составление карты рисков.

Тема 4: Безопасность производственного оборудования и технологий

Вопросы для обсуждения: Анализ паспортов оборудования на предмет требований безопасности. Разработка производственного регламента. Порядок проведения технического диагностирования.

Тема 5: Организация охраны труда на предприятии

Вопросы для обсуждения: Разработка положения о СУОТ для условного предприятия. Заполнение карты СОУТ. Планирование мероприятий по улучшению условий труда.

Тема 6: Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала

Вопросы для обсуждения: Составление графика инструктажей. Разработка программы вводного инструктажа. Оформление журнала регистрации инструктажей. Проведение учебной проверки знаний.

Тема 7: Средства индивидуальной и коллективной защиты

Вопросы для обсуждения: Подбор СИЗ по типовым нормам. Оценка сертификатов соответствия. Организация хранения и учета СИЗ. Проектирование систем коллективной защиты.

Тема 8: Пожарная безопасность и действия в ЧС

Вопросы для обсуждения: Определение категории помещения по взрывопожароопасности. Разработка плана эвакуации. Отработка действий при условном пожаре. Заполнение журнала противопожарных мероприятий.

Тема 9: Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности

Вопросы для обсуждения: Классификация отходов производства по классам опасности. Разработка инструкции по обращению с отходами. Заполнение паспортов отходов.

Тема 10: Расследование и учёт несчастных случаев на производстве

Вопросы для обсуждения: Анализ реальных актов Н-1. Проведение учебного расследования несчастного случая. Заполнение бланка извещения и акта. Разработка профилактических мероприятий.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ). Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116). Управление профессиональными рисками. Безопасность производственного оборудования и технологий. Организация охраны труда на предприятии. Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала. Средства индивидуальной и коллективной защиты. Пожарная безопасность и действия в ЧС. Обращение с промышленными отходами. Расследование и

учёт несчастных случаев на производстве.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ статей ТК РФ и решение ситуационных задач. Идентификация опасных производственных объектов. Оценка профессиональных рисков и составление карт рисков. Анализ требований безопасности к оборудованию. Разработка положения о СУОТ и заполнение карт СОУТ. Составление программ инструктажей. Подбор СИЗ по типовым нормам. Определение категорий помещений по пожарной безопасности. Классификация отходов и разработка инструкций. Проведение учебного расследования несчастного случая.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Права и обязанности работодателя и работника. Лицензирование опасных производственных объектов. Методы оценки профессиональных рисков. Производственный контроль оборудования. Специальная оценка условий труда. Виды инструктажей и порядок их проведения. Нормы выдачи СИЗ. Категории взрывопожароопасности помещений. Классы опасности отходов. Порядок расследования и оформления несчастных случаев.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно

связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)	ПК-3	Тестирование
Правовые основы промышленной безопасности (ФЗ-116)	ПК-3	Тестирование
Управление профессиональными рисками	ПК-3	Тестирование
Безопасность производственного оборудования и технологий	ПК-3	Тестирование
Организация охраны труда на предприятии	ПК-3	Тестирование
Обучение, инструктажи и проверка знаний персонала	ПК-3	Тестирование
Средства индивидуальной и коллективной защиты	ПК-3	Тестирование
Пожарная безопасность и действия в ЧС	ПК-3	Тестирование
Обращение с промышленными отходами в контексте безопасности	ПК-3	Тестирование
Расследование и учёт несчастных случаев на производстве	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Тест по теме «Нормативно-правовое регулирование охраны труда (ТК РФ)»

1. Какой раздел Трудового кодекса РФ непосредственно посвящён охране труда?

- а) Раздел III «Трудовой договор»
- б) Раздел X «Охрана труда»
- в) Раздел VII «Гарантии и компенсации»
- г) Раздел XII «Особенности регулирования труда отдельных категорий работников»

2. Кто обязан обеспечивать безопасные условия и охрану труда в организации?

- а) Работник
- б) Профсоюзная организация
- в) Работодатель
- г) Государственная инспекция труда

3. Какая статья ТК РФ устанавливает обязанности работника в области охраны труда?

- а) Статья 212
- б) Статья 214

в) Статья 219

г) Статья 225

4. Что из перечисленного является обязанностью работодателя согласно ТК РФ?

а) Самостоятельно расследовать несчастный случай без комиссии

б) Обеспечить режим труда и отдыха работников по своему усмотрению

в) Проводить специальную оценку условий труда

г) Отказать работнику в выдаче средств индивидуальной защиты

5. Какое право имеет работник в области охраны труда в соответствии с ТК РФ?

а) Работать без прохождения обязательных медицинских осмотров

б) Отказаться от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья

в) Не сообщать работодателю о несчастном случае

г) Самостоятельно приостанавливать производственную деятельность

6. Какой орган осуществляет государственный надзор за соблюдением трудового законодательства?

а) Прокуратура

б) Федеральная налоговая служба

в) Федеральная инспекция труда (Роструд)

г) Министерство здравоохранения

7. За нарушение требований охраны труда работодатель может быть привлечён к:

а) Только дисциплинарной ответственности

б) Только гражданско-правовой ответственности

в) Административной, уголовной и материальной ответственности

г) Только уголовной ответственности

8. Что является основанием для проведения внеплановой проверки государственной инспекцией труда?

а) Истечение планового периода проверки

б) Поступление жалобы работника на нарушение его трудовых прав

в) Желание работодателя пройти проверку

г) Окончание календарного года

9. В каком случае работник вправе пройти обучение по охране труда за счёт работодателя?

а) Всегда по желанию работника

б) Только при трудоустройстве

в) При приёме на работу, а также в процессе трудовой деятельности

г) Только при увольнении

10. Какая статья ТК РФ регламентирует проведение специальной оценки условий труда?

а) Статья 212

б) Статья 214

в) Статья 219

г) Статья 225

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Раздел X Трудового кодекса РФ. Основные права и обязанности работодателя в области охраны труда.
2. Обязанности работника по соблюдению требований охраны труда согласно ТК РФ.
3. Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства. Роль Федеральной инспекции труда.
4. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Классификация опасных производственных объектов.

5. Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности и экспертиза промышленной безопасности.
6. Управление профессиональными рисками на предприятии. Методы идентификации опасностей.
7. Оценка уровней профессиональных рисков и разработка карт рисков в соответствии с приказом Минтруда.
8. Требования к безопасной эксплуатации машин, механизмов и сосудов под давлением.
9. Организация производственного контроля и техническое диагностирование оборудования.
10. Разработка локальных нормативных актов по охране труда. Положение о системе управления охраной труда (СУОТ).
11. Порядок проведения специальной оценки условий труда (СОУТ). Оформление результатов СОУТ.
12. Виды инструктажей по охране труда: вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой.
13. Порядок обучения требованиям охраны труда и проверки знаний персонала. Документальное оформление.
14. Средства индивидуальной защиты (СИЗ). Нормы выдачи, правила выбора, эксплуатации и учета.
15. Средства коллективной защиты на производстве. Классификация и требования к их применению.
16. Классификация помещений по категориям взрывопожароопасности. Системы противопожарной защиты.
17. Планы ликвидации аварий. Действия персонала при пожарах и чрезвычайных ситуациях.
18. Требования безопасности при сборе, накоплении и транспортировке промышленных отходов I–IV классов опасности.
19. Профилактика инцидентов при обращении с отходами. Документальное оформление.
20. Порядок расследования микротравм и несчастных случаев на производстве.
21. Оформление актов о несчастном случае по форме Н-1. Сроки и ответственные лица.
22. Анализ причин несчастных случаев на производстве. Разработка профилактических мероприятий.
23. Ответственность работодателя и должностных лиц за нарушение требований промышленной безопасности и охраны труда.
24. Права работника на отказ от выполнения работ при возникновении опасности для его жизни и здоровья.
25. Планирование мероприятий по улучшению условий труда и снижению профессиональных рисков.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень.	отлично	зачтен	86-100

		Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Бекиров, Ш. Н. Организация охраны труда на производстве и в социальной сфере:

система управления охраной труда: учебное пособие для вузов / Ш. Н. Бекиров, М. С. Джиладжи. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 244 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/439910>

2. Семенов, В. В. Охрана труда и пожарная безопасность технологических процессов: учебное пособие для вузов / В. В. Семенов, А. А. Петручик, Г. К. Ивахнюк. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 268 с. — ISBN 978-5-507-47059-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323099>

3. Наумова, Т. В. Безопасность жизнедеятельности. Теория, вопросы и задачи: учебное пособие / Т. В. Наумова, О. Г. Феоктистова, И. Н. Мерзликин. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 216 с. — ISBN 978-5-9729-1606-1. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=452599>

4. Специальная оценка условий труда: учебное пособие. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-8114-3850-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

5. Пачурин, Г. В. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: учебное пособие / Г. В. Пачурин, Н. И. Щенников, Т. И. Курагина, А. А. Филиппов. — 3-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>

Дополнительная литература

Васильев, С. И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1 / С. И. Васильев, Л. Н. Горбунова. — Красноярск: СФУ, 2012. — 502 с. — ISBN 978-5-7638-2320-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система.

Нормативно-правовые акты

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 06.04.2024). — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683

2. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». — Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15780/

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Физика ближнего космоса»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика высоких технологий

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Методы мониторинга ближнего космоса»
 - 4.2. Программа дисциплины «Физика ближнего космоса»
 - 4.3. Программа дисциплины «Методы обработки и визуализации данных»
 - 4.4. Программа дисциплины «Численное моделирование процессов в атмосфере и ионосфере»
 - 4.5. Программа дисциплины «Солнечно-земные связи и космическая погода»
 - 4.6. Программа дисциплины «Спутниковые навигационные системы»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Физика ближнего космоса»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физических принципов и методов мониторинга параметров ближнего космоса с использованием наземных и спутниковых средств.
2. Изучение фундаментальных процессов, определяющих состояние и динамику ближнего космоса, включая взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли, ионосферные явления и распространение электромагнитных волн.
3. Формирование компетенций в области обработки, анализа и визуализации больших объёмов экспериментальных и модельных данных, получаемых в результате космических и наземных наблюдений.
4. Освоение методов численного моделирования физических процессов в атмосфере и ионосфере для прогнозирования космической погоды.
5. Изучение солнечно-земных связей, механизмов переноса энергии и вещества от Солнца к Земле, а также воздействия солнечной активности на технические системы и жизнедеятельность.
6. Освоение принципов функционирования спутниковых навигационных систем и их использования для диагностики состояния ионосферы и атмосферы.
7. Развитие способности интегрировать знания из различных разделов физики для решения комплексных задач мониторинга, моделирования и прогнозирования в прикладной физике наукоёмких производств.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения	Знать: фундаментальные физические процессы в ближнем космосе, методы мониторинга, численного моделирования и обработки данных, основы солнечно-земных связей и космической погоды, принципы работы спутниковых навигационных систем, достаточные для постановки задач разработки технологий и

	требований приложений и технологий.	прогнозирования характеристик процессов с учётом требований приложений. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий в области физики ближнего космоса на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований конкретных приложений, обосновывать выбор методов мониторинга, моделирования и обработки данных для достижения заданных параметров. Владеть: навыками применения методов мониторинга ближнего космоса, способами численного моделирования процессов в атмосфере и ионосфере, приёмами обработки и визуализации данных, методами анализа солнечно-земных связей и космической погоды, а также навыками использования спутниковых навигационных систем для решения технологических задач.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: современные методы мониторинга, численного моделирования и обработки данных в физике ближнего космоса, основы солнечно-земных связей и космической погоды, принципы работы спутниковых навигационных систем, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач и разработки технологических требований. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области физики ближнего космоса, разрабатывать технологические требования к используемым средствам и методам в конкретных приложениях, обосновывать выбор методов мониторинга, моделирования и обработки данных для достижения требуемых

		параметров и характеристик. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов мониторинга и обработки данных, способами разработки технологических требований к методам и средствам, приемами применения численного моделирования, анализа космической погоды и спутниковых навигационных систем для решения конкретных прикладных задач в различных сферах жизнедеятельности.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: физические процессы в ближнем космосе, методы мониторинга и обработки данных, основы солнечно-земных связей, космической погоды и спутниковой навигации. Уметь: формулировать задачи с учётом социально-экономических и междисциплинарных аспектов, обосновывать решения по эффективности и надёжности. Владеть: навыками мониторинга, обработки данных, численного моделирования и анализа космической погоды с использованием спутниковых систем.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы мониторинга ближнего космоса».

Цель изучения дисциплины:

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: методы и средства испытаний систем мониторинга и навигации, порядок составления программ испытаний с учётом космических факторов, требования к документации на испытательную оснастку и правила работы со специальным оборудованием. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий мониторинга, прогнозировать характеристики процессов и обосновывать выбор методов и средств для конкретных приложений. Владеть: навыками мониторинга параметров ближнего космоса, обработки спутниковых и наземных данных, математического моделирования, контроля качества и применения цифровых методов исследования.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы мониторинга ближнего космоса» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством

электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды	Предмет и задачи физики ближнего космоса. Границы и структура околоземного космического пространства. Основные параметры верхней атмосферы, ионосферы, плазмосферы и магнитосферы Земли. История исследований ближнего космоса и современные научные направления.
2.	Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга	Строение и динамика термосферы и ионосферы. Процессы ионизации и рекомбинации. Магнитное поле Земли и структура магнитосферы. Радиационные пояса, плазменные процессы и взаимодействие заряженных частиц с геомагнитным полем.
3.	Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи	Источники космической погоды. Солнечное излучение, солнечный ветер, корональные выбросы массы. Геомагнитные бури, суббури и ионосферные возмущения. Влияние космической погоды на космические аппараты, системы связи, навигации и энергетическую инфраструктуру.
4.	Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса	Наземные и космические методы наблюдений. Радиозондирование ионосферы, магнитометрические измерения, спутниковые платформы мониторинга. Телеметрические комплексы, системы приема и передачи научной информации, международные сети наблюдений.
5.	Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса	Архитектура современных систем мониторинга. Выбор измерительных средств и каналов передачи данных. Проектирование распределенных сетей наблюдений. Формирование баз данных и научных архивов. Разработка исследовательских и прикладных проектов космического мониторинга.
6.	Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений	Физико-математические модели процессов в околоземном пространстве. Методы статистического анализа, спектрального и корреляционного анализа данных. Численное моделирование плазменных процессов и

		прогнозирование параметров космической среды.
7.	Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений	Работа с архивами космических данных. Обработка телеметрической информации. Визуализация результатов наблюдений. Построение временных рядов, карт пространственного распределения параметров и анализ событий космической погоды.
8.	Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга	Методы калибровки научной аппаратуры. Оценка неопределенности измерений. Контроль достоверности наблюдений. Верификация моделей и экспериментальных данных. Нормативные документы и стандарты в области исследований околоземного космического пространства.
9.	Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса	Большие данные в космической физике. Облачные вычисления и распределенные системы хранения данных. Методы машинного обучения и искусственного интеллекта для прогнозирования космической погоды и автоматического выявления аномалий в наблюдениях.
10.	Комплексное применение методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности	Интеграция наземных и спутниковых данных. Прогнозирование опасных космических явлений. Информационное обеспечение космических миссий. Мониторинг космической среды в интересах науки, навигации, связи и технологической безопасности.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды

Вопросы для обсуждения: Состав и строение ближнего космоса: верхняя атмосфера, ионосфера, магнитосфера. Основные физические параметры околоземной космической среды: плотность, температура, ионный состав, магнитное поле. Зависимость параметров от высоты, широты и времени суток. Различия между нейтральной атмосферой и плазмой ионосферы.

Тема 2: Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга

Вопросы для обсуждения: Слоистая структура ионосферы (D, E, F) и их характеристики. Основные параметры ионосферы, подлежащие мониторингу: электронная концентрация, критическая частота, полное электронное содержание. Влияние процессов в верхней атмосфере и ионосфере на распространение радиоволн.

Тема 3: Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи

Вопросы для обсуждения: Определение космической погоды и её параметры: солнечный ветер, геомагнитная активность, потоки частиц. Проявления солнечной активности: вспышки, выбросы корональной массы, солнечный ветер. Механизмы переноса энергии и вещества от Солнца к Земле.

Тема 4: Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Наземные методы мониторинга: ионозонды, радары некогерентного рассеяния, магнитометры, риометры. Спутниковые методы: измерения на низкоорбитальных и геостационарных спутниках. Преимущества и ограничения различных типов датчиков.

Тема 5: Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Состав информационно-измерительной системы мониторинга: датчики, каналы передачи, система сбора и обработки. Требования к чувствительности, динамическому диапазону, быстродействию и помехоустойчивости измерительных каналов.

Тема 6: Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений

Вопросы для обсуждения: Типы моделей ионосферы и магнитосферы: эмпирические, физические, численные. Метод конечных элементов в задачах космической физики. Верификация и валидация моделей. Программные пакеты для моделирования процессов в ближнем космосе. Роль моделирования в интерпретации наблюдений и прогнозировании.

Тема 7: Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений

Вопросы для обсуждения: Этапы предварительной обработки данных: калибровка, фильтрация шумов, устранение выбросов. Спектральный анализ для выделения периодичностей: суточных, сезонных, солнечно-циклических вариаций.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга

Вопросы для обсуждения: Стандарты точности измерений параметров ближнего космоса. Калибровка измерительных приборов на наземных стендах и на борту спутников. Организация межлабораторных сличений и контроль качества данных: процедуры валидации, согласование с эталонными базами.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Применение методов машинного обучения для классификации и прогнозирования космической погоды. Концепция цифровых двойников ионосферы и магнитосферы. Использование технологий больших данных для анализа многолетних массивов наблюдений.

Тема 10: Комплексное применение методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности

Вопросы для обсуждения: Использование данных мониторинга для прогнозирования радиационной обстановки на низких и геостационарных орбитах. Применение результатов мониторинга для обеспечения работы систем связи, навигации и радиолокации. Вклад мониторинга в изучение климатических изменений и динамики верхней атмосферы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды

Вопросы для обсуждения: Расчёт основных параметров нейтральной атмосферы (плотности, давления, температуры) по барометрической формуле для заданных высот. Определение высоты однородной атмосферы. Решение задач на распределение температуры и плотности в термосфере.

Тема 2: Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга

Вопросы для обсуждения: Расчёт критической частоты ионосферного слоя по известной электронной концентрации. Построение высотного профиля электронной концентрации по данным ионозонда.

Тема 3: Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи

Вопросы для обсуждения: Анализ индексов солнечной активности: числа Вольфа, поток радиоизлучения на длине волны 10,7 см. Вычисление времени прихода выброса корональной массы к Земле по заданной скорости солнечного ветра.

Тема 4: Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Изучение устройства и принципов работы ионозонда (по схеме или виртуальной модели). Определение плазменной частоты по критической частоте ионосферы.

Тема 5: Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Разработка структурной схемы измерительного комплекса для регистрации параметров ионосферы. Выбор датчиков в соответствии с техническим заданием.

Тема 6: Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений

Вопросы для обсуждения: Построение простой одномерной модели ионосферы с учётом фотоионизации и рекомбинации (решение уравнения баланса). Расчёт стационарного профиля электронной концентрации. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными.

Тема 7: Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений

Вопросы для обсуждения: Применение фильтрации временных рядов параметров ионосферы: скользящее среднее, медианная фильтрация. Вычисление спектральной плотности мощности для выявления суточных и сезонных вариаций. Построение карт распределения полного электронного содержания по региону.

Тема 8: Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга

Вопросы для обсуждения: Калибровка измерительного канала ионозонда с помощью эталонного генератора. Оценка погрешности определения критической частоты. Заполнение протокола верификации результатов измерений.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования ионосферных возмущений по входным параметрам. Обработка больших массивов спутниковых данных с использованием Python.

Тема 10: Комплексное применение методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности

Вопросы для обсуждения: Решение прикладной задачи: оценка влияния ионосферной задержки на точность навигационного сигнала. Расчёт прохождения радиоволн через ионосферу при различных уровнях солнечной активности.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга	Анализ вертикальных профилей электронной концентрации ионосферы по данным ионозонда
2	Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса	Обработка ГНСС-данных для определения полного электронного содержания (ТЕС) ионосферы
3	Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи	Исследование вариаций геомагнитного поля в периоды солнечных вспышек и

		магнитных бурь
4	Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга	Разработка структурной схемы и оценка энергопотребления спутникового комплекса мониторинга
5	Методы математического моделирования и анализа данных	Численное моделирование распространения радиоволн в ионосферной плазме
6	Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений	Выделение и анализ ионосферных возмущений по временным рядам параметров солнечного ветра
7	Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация	Калибровка и оценка погрешностей измерительных каналов спутниковой аппаратуры
8	Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования	Применение методов машинного обучения для классификации и прогнозирования геомагнитных возмущений

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды. Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли. Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи. Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса. Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга. Методы математического моделирования и анализа данных. Практические методы обработки спутниковых и наземных наблюдений. Метрологическое обеспечение, контроль качества и верификация результатов. Современные цифровые и интеллектуальные методы исследования.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров нейтральной атмосферы по барометрической формуле. Определение критической частоты ионосферы и построение высотного профиля электронной концентрации. Анализ индексов солнечной активности, оценка времени прихода выбросов корональной массы. Работа с данными ионозондов и глобальных навигационных систем. Разработка структурной схемы измерительного комплекса и выбор датчиков.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Строение и параметры ближнего космоса. Слои ионосферы, критическая частота, полное электронное содержание. Индексы солнечной активности, геомагнитные индексы. Типы наземных и спутниковых измерительных средств. Принципы проектирования систем мониторинга. Методы численного моделирования ионосферно-магнитосферных процессов. Обработка, фильтрация и интерполяция данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю

уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды	ПК-1	Тестирование
Верхняя атмосфера, ионосфера и магнитосфера Земли как объекты космического мониторинга	ПК-1	Тестирование
Солнечная активность, космическая погода и солнечно-земные связи	ПК-1	Тестирование
Методы и средства мониторинга параметров ближнего космоса	ПК-1	Тестирование
Проектирование информационно-измерительных систем мониторинга ближнего космоса	ПК-1	Тестирование
Методы математического моделирования и анализа данных космических наблюдений	ПК-1	Тестирование
Практические методы обработки	ПК-1	Тестирование

спутниковых и наземных наблюдений		
Метрологическое обеспечение, контроль качества данных и верификация результатов мониторинга	ПК-1	Тестирование
Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы исследования ближнего космоса	ПК-1	Тестирование
Комплексное применение методов мониторинга для научных исследований и обеспечения космической деятельности	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы ближнего космоса и околоземной космической среды»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

- Какие области включает ближний космос Земли?**
 - Только термосферу и экзосферу
 - Верхнюю атмосферу, ионосферу и магнитосферу
 - Только ионосферу и магнитосферу
 - Только стратосферу и мезосферу
- Какой слой атмосферы является самым верхним и переходит в космическое пространство?**
 - Термосфера
 - Мезосфера
 - Стратосфера
 - Экзосфера
- Как изменяется температура в термосфере с высотой?**
 - Моноotonно убывает
 - Монотонно возрастает
 - Сначала возрастает, затем убывает
 - Остаётся постоянной
- Что такое ионосфера?**
 - Область атмосферы, где преобладают нейтральные атомы
 - Ионизированная область верхней атмосферы, простирающаяся примерно от 60 до 1000 км
 - Внешняя граница магнитосферы
 - Область между стратосферой и мезосферой
- Какой основной процесс создаёт ионосферу?**
 - Инфракрасное излучение Земли
 - Фотоионизация атмосферных газов солнечным ультрафиолетовым и рентгеновским излучением
 - Термическая ионизация в верхней атмосфере
 - Бомбардировка космическими лучами
- Какой слой ионосферы характеризуется наибольшей электронной концентрацией в дневное время?**
 - Слой D

- б) Слой E
 - в) Слой F1
 - г) Слой F2
7. **Какая область магнитосферы обращена к Солнцу?**
- а) Магнитный хвост
 - б) Магнитопауза
 - в) Плазмосфера
 - г) Радиационный пояс
8. **Какова типичная плотность нейтральной атмосферы на высоте 200 км?**
- а) Примерно 10^{-3} кг/м³
 - б) Примерно 10^{-6} кг/м³
 - в) Примерно 10^{-9} кг/м³
 - г) Примерно 10^{-12} кг/м³
9. **Что такое солнечный ветер?**
- а) Поток нейтронов от Солнца
 - б) Поток заряженных частиц (в основном электронов и протонов), истекающий из солнечной короны
 - в) Электромагнитное излучение Солнца в радиодиапазоне
 - г) Поток метеорных частиц
10. **Как называется граница, отделяющая магнитосферу Земли от солнечного ветра?**
- а) Магнитопауза
 - б) Боу-шок (ударная волна)
 - в) Плазмопауза
 - г) Магнитная сепаратриса
11. **Какой механизм является основным для нагрева термосферы?**
- а) Поглощение видимого света
 - б) Поглощение ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца
 - в) Внутреннее тепло Земли
 - г) Трение о магнитосферу
12. **Какая высота соответствует максимуму электронной концентрации в ионосфере в ночное время?**
- а) Около 100 км
 - б) Около 200 км
 - в) Около 300 км
 - г) Около 500 км
13. **Что такое критическая частота ионосферного слоя?**
- а) Частота, при которой радиоволна перестаёт отражаться от слоя
 - б) Частота плазменных колебаний, соответствующая максимальной электронной концентрации слоя
 - в) Частота столкновений электронов с нейтралами
 - г) Частота, на которой происходит поглощение радиоволн
14. **Как называется область магнитосферы, содержащая холодную плазму ионизированного гелия и водорода?**
- а) Радиационный пояс
 - б) Плазмосфера
 - в) Магнитный хвост
 - г) Магнитная ловушка
15. **Что такое радиационные пояса Земли (пояса Ван Аллена)?**
- а) Области магнитосферы с высоким потоком нейтральных атомов
 - б) Области захваченных геомагнитным полем энергичных заряженных частиц (протонов и электронов)

- в) Области, где солнечный ветер проникает в атмосферу
 - г) Области аномального нагрева термосферы
16. **Какой слой ионосферы исчезает в ночное время?**
- а) Слой E
 - б) Слой F2
 - в) Слой D
 - г) Слой F1
17. **Какой газ является основным в термосфере на высотах выше 200 км?**
- а) Азот
 - б) Кислород (атомарный)
 - в) Аргон
 - г) Углекислый газ
18. **Что происходит с электронной концентрацией в ионосфере в годы максимума солнечной активности?**
- а) Практически не меняется
 - б) Значительно возрастает
 - в) Значительно падает
 - г) Испытывает хаотические колебания без тренда
19. **Какая из перечисленных частиц преобладает в солнечном ветре?**
- а) Альфа-частицы
 - б) Электроны
 - в) Протоны
 - г) Нейтроны
20. **Какова типичная температура ионов в ионосфере на высоте 300 км в дневное время?**
- а) Около 100 К
 - б) Около 300 К
 - в) Около 1000 К
 - г) Около 3000 К

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень вопросов к зачету:

1. **Акустический мониторинг.** Как изменение акустического режима атмосферы при ее нагреве используется для выявления попадания малых метеороидов и техногенных объектов?
2. **Инфразвуковой мониторинг.** Какие инфразвуковые колебания используются для обнаружения метеоров и фрагментов космического мусора, и почему именно этот диапазон эффективен для регистрации пролётов тел размером от 0,5 до 10 м на высотах 25–65 км?
3. **Радиофизический метод.** В чем суть метода слежения за падением астероидов и фрагментов космического мусора, основанного на физическом принципе отражения электромагнитных волн от объектов, движущихся в ионосфере?
4. **Радиотехнический метод.** Как использование доплеровского сдвига сигналов, переотражённых от падающих тел, позволяет определять их скорость и траекторию движения, и какие типы наземных радиолокаторов при этом применяются?
5. **Метод искусственного нагрева ионосферы.** Какие научные задачи решаются с помощью мощных станций типа HAARP и «Сура» при исследовании физики околоземного космического пространства и воздействии на космическую погоду?
6. **Стенд «Сура».** Каковы основные технические характеристики и назначение российского стенда «Сура» в контексте мониторинга ближнего космоса?
7. **Нагрев ионосферы.** Как процессы, возникающие при воздействии мощным радиоизлучением на ионосферную плазму, помогают изучать её структуру, физику неустойчивостей и механизмы генерации искусственных электромагнитных излучений?

8. **Гравитационные волны в атмосфере.** Какие методы используются для обнаружения и изучения гравитационных волн, возникающих при прохождении солнечного терминатора, и почему эти волны важны для понимания динамики верхней атмосферы?
9. **Ионосферные неоднородности.** Какие методы, основанные на принципах радиофизики, позволяют диагностировать плазменные неоднородности и пузыри в экваториальной и высокоширотной ионосфере?
10. **Мониторинг космической погоды.** Какими методами регистрируются геомагнитные бури и суббури, и как они влияют на работу энергосистем, линий связи и навигационных устройств?
11. **Наземный оптический мониторинг.** Какие типы телескопов и фотометров используются для обнаружения и идентификации техногенного космического мусора и естественных метеороидов?
12. **Метод наклонного радиозондирования.** Какова физическая основа метода и как он применяется для определения параметров ионосферы и обнаружения движущихся в ней объектов?
13. **Спутниковые методы мониторинга.** Какие приборы устанавливаются на низкоорбитальных и геостационарных спутниках для мониторинга радиационных поясов и потоков заряженных частиц?
14. **Лидарные методы.** Какие типы лидаров применяются для зондирования средней и верхней атмосферы, и какие параметры они позволяют измерять?
15. **Методы пассивного радиоприёма.** Как с помощью регистрации собственного радиоизлучения метеорных тел можно отслеживать их вхождение в атмосферу и классифицировать по размерам и скорости?
16. **Магнитометрический мониторинг.** Как наземные и спутниковые магнитометры используются для регистрации вариаций геомагнитного поля, вызываемых солнечными вспышками и корональными выбросами массы, и как эти данные применяются для прогноза космической погоды?
17. **Ионосферное зондирование с помощью спутниковых навигационных систем.** Как сигналы спутниковых навигационных систем, проходя через ионосферу, позволяют оценивать полное электронное содержание и выявлять ионосферные возмущения?
18. **Спектроскопия полярных сияний.** Как анализ эмиссионных линий полярных сияний в оптическом диапазоне используется для диагностики состава и энергетического спектра высыпавшихся заряженных частиц и для изучения магнитосферно-ионосферной связи?
19. **Интегральный подход в мониторинге.** Почему для надёжного мониторинга опасных явлений в околоземном пространстве необходимо комплексное использование радиофизических, оптических, магнитных и акустических методов, и в чем недостатки каждого из них в отдельности?
20. **Применение результатов мониторинга.** Как данные мониторинга ближнего космоса используются для прогнозирования и смягчения последствий космической погоды для работы космических аппаратов, авиации и наземных технологических систем?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)

Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более 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. Гусейханов, М. К. Основы астрофизики: учебное пособие для вузов / М. К. Гусейханов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-4037-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/321188>

Дополнительная литература:

1. Миронов, В. В. Системные методы мониторинга околоземного космического пространства: монография / В. В. Миронов, А. К. Муртазов, И. В. Усовик; под науч. ред. В. В. Миронова. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Рязань: ИП Коняхин А. В. (Book Jet), 2018. — 310 с.: ил. — ISBN 978-5-6041320-0-5.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным

лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Физика ближнего космоса».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических процессах в околоземном космическом пространстве, механизмах солнечно-земных взаимодействий и космической погоды, а также практических навыков мониторинга, моделирования и прогнозирования состояния ближнего космоса для решения прикладных задач в области наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоёмких задач для различных сфер жизнедеятельности	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: физические основы ближнего космоса, строение верхней атмосферы, ионосферы и магнитосферы, механизмы солнечно-земных взаимодействий, методы космических исследований и обработки данных, основы космической погоды и цифрового моделирования процессов. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоёмких задач в области мониторинга ближнего космоса, разрабатывать технологические требования к методам и средствам в конкретных приложениях, обосновывать выбор подходов для проведения космических экспериментов и прогнозирования космических воздействий. Владеть: навыками применения методов космических исследований, обработки экспериментальных данных, цифрового моделирования, а также способами разработки технологических требований и комплексного использования методов физики ближнего космоса в науке и технике.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика ближнего космоса» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства	Предмет космофизики, структура и границы ближнего космоса, основные физические процессы в околоземной среде, взаимодействие Земли с космическим окружением
2.	Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли	Состав и динамика верхней атмосферы, процессы ионизации, формирование ионосферных слоев, распространение электромагнитных волн и ионосферные эффекты
3.	Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий	Солнечное излучение, солнечный ветер, магнитные поля Солнца, солнечные вспышки, корональные выбросы массы и их влияние на околоземное пространство
4.	Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов	Конфигурация магнитосферы, магнитопауза и магнитный хвост, радиационные пояса Ван Аллена, процессы ускорения и потерь заряженных частиц
5.	Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях	Основы физики плазмы, кинетические и магнитогидродинамические процессы, дрейфовые движения частиц, волновые взаимодействия и перенос энергии
6.	Методы космических исследований и обработка	Спутниковые и наземные методы наблюдений, измерительные комплексы, датчики и приборы,

	экспериментальных данных	статистический анализ данных, цифровая обработка и визуализация результатов
7.	Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном пространстве	Планирование научных исследований, разработка измерительных программ, выбор орбитальных параметров, организация космического эксперимента
8.	Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий	Геомагнитные бури, ионосферные возмущения, мониторинг космической среды, прогнозирование экстремальных событий и оценка космических рисков
9.	Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса	Малые космические аппараты, спутниковые группировки, цифровые двойники космической среды, численное моделирование магнитосферных и ионосферных процессов
10.	Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике	Анализ данных космических миссий, обеспечение надежности спутниковых систем, навигации и связи, решение прикладных задач космической деятельности

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства.
Вопросы для обсуждения: Ближний космос включает верхнюю атмосферу, ионосферу и магнитосферу Земли. Основными компонентами околоземной космической среды являются нейтральный газ, плазма, магнитное поле и радиационные пояса. Главные источники энергии — солнечное излучение, солнечный ветер и космические лучи.

Тема 2: Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли
Вопросы для обсуждения: Ионосфера образуется под действием солнечного ультрафиолетового и рентгеновского излучения и содержит слои D, E и F. Основные параметры ионосферы для мониторинга: электронная концентрация, критическая частота и полное электронное содержание. Ионосфера влияет на распространение радиоволн и работу систем связи и навигации.

Тема 3: Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий
Вопросы для обсуждения: Наиболее значимые проявления солнечной активности: вспышки, выбросы корональной массы и солнечный ветер. Космическая погода характеризуется параметрами солнечного ветра, геомагнитными индексами и потоками частиц.

Тема 4: Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов
Вопросы для обсуждения: Магнитосфера включает ударную волну, магнитопаузу, плазмосферу и хвост магнитосферы. Радиационные пояса Ван Аллена состоят из захваченных геомагнитным полем энергичных протонов и электронов.

Тема 5: Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях
Вопросы для обсуждения: Движение заряженных частиц в геомагнитном поле описывается дрейфовыми движениями и адиабатическими инвариантами. Захваченные частицы совершают баунс-движение и дрейфуют вокруг Земли.

Тема 6: Методы космических исследований и обработка экспериментальных данных
Вопросы для обсуждения: Наземные методы: ионозонды, радары некогерентного

рассеяния, магнитометры. Обработка данных включает калибровку, фильтрацию, спектральный анализ и визуализацию.

Тема 7: Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном пространстве

Вопросы для обсуждения: Этапы проектирования: постановка задачи, выбор приборов, расчет орбиты, обеспечение радиационной стойкости и терморегулирования. Обеспечение надёжности и резервирование — ключевые требования к космической аппаратуре.

Тема 8: Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий

Вопросы для обсуждения: Мониторинг космической погоды ведется с помощью спутников и наземных сетей. Прогнозирование необходимо для защиты космических аппаратов, авиации, энергосистем и связи.

Тема 9: Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Цифровые двойники ионосферы и магнитосферы позволяют моделировать состояние космической среды в реальном времени. Методы машинного обучения улучшают прогнозирование космической погоды.

Тема 10: Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике

Вопросы для обсуждения: Данные мониторинга применяются для прогнозирования радиационной обстановки, обеспечения работы систем связи и навигации, планирования космических миссий.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства.

Вопросы для обсуждения: Расчёт параметров нейтральной атмосферы по барометрической формуле. Определение высоты однородной атмосферы.

Тема 2: Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли

Вопросы для обсуждения: Расчёт критической частоты ионосферного слоя по электронной концентрации. Построение высотного профиля электронной концентрации по данным ионозонда.

Тема 3: Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий

Вопросы для обсуждения: Анализ индексов солнечной активности. Вычисление времени прихода выброса корональной массы. Оценка геомагнитной возмущённости по Кр-индексу.

Тема 4: Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов

Вопросы для обсуждения: Обработка данных магнитометров для выделения вариаций геомагнитного поля в период магнитной бури. Оценка границ плазмосферы.

Тема 5: Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях

Вопросы для обсуждения: Расчёт ларморовского радиуса и дрейфовой скорости для протонов и электронов.

Тема 6: Методы космических исследований и обработка экспериментальных данных

Вопросы для обсуждения: Определение плазменной частоты по критической частоте. Работа с данными GNSS для оценки полного электронного содержания.

Тема 7: Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном пространстве

Вопросы для обсуждения: Разработка структурной схемы измерительного комплекса. Выбор датчиков и оценка энергопотребления.

Тема 8: Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий

Вопросы для обсуждения: Обработка данных геомагнитных индексов для идентификации магнитных бурь. Оценка влияния ионосферной задержки на навигационный сигнал.

Тема 9: Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса

Вопросы для обсуждения: Применение алгоритмов машинного обучения для

прогнозирования ионосферных возмущений. Обработка спутниковых данных с использованием Python.

Тема 10: Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике
Вопросы для обсуждения: Решение прикладной задачи по оценке радиационных рисков для космического аппарата на заданной орбите. Расчёт прохождения радиоволн через ионосферу.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы ближнего космоса. Солнечная активность и космическая погода. Строение ионосферы и методы её мониторинга. Магнитосфера и радиационные пояса. Движение заряженных частиц в магнитных полях. Методы космических исследований. Проектирование космических экспериментов. Прогнозирование космической погоды.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров нейтральной атмосферы. Определение критической частоты ионосферы. Анализ индексов солнечной активности. Оценка времени прихода выброса корональной массы. Расчёт ларморовского радиуса и дрейфовой скорости частиц. Обработка данных ионозондов и GNSS для оценки полного электронного содержания. Разработка структурной схемы измерительного комплекса. Оценка влияния ионосферы на навигационные сигналы.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Состав и строение ближнего космоса. Параметры ионосферы. Индексы солнечной и геомагнитной активности. Устройство магнитосферы и радиационных поясов. Дрейфовое движение частиц. Типы наземных и спутниковых измерительных средств. Этапы проектирования космического эксперимента. Методы обработки и калибровки данных. Прогнозирование космической погоды.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических

данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства	ПК-2	Тестирование
Строение верхней атмосферы, ионосферы и термосферы Земли	ПК-2	Тестирование
Солнечная активность и механизмы солнечно-земных взаимодействий	ПК-2	Тестирование
Магнитосфера Земли и динамика радиационных поясов	ПК-2	Тестирование
Космическая плазма и физика движения заряженных частиц в магнитных полях	ПК-2	Тестирование
Методы космических исследований и обработка экспериментальных данных	ПК-2	Тестирование
Проектирование и проведение космических экспериментов в околоземном пространстве	ПК-2	Тестирование
Космическая погода, мониторинг и прогнозирование космических воздействий	ПК-2	Тестирование
Современные космические технологии и цифровое моделирование процессов ближнего космоса	ПК-2	Тестирование
Комплексное применение методов физики ближнего космоса в науке и технике	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы ближнего космоса и околоземного космического пространства»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Какая высота примерно соответствует верхней границе ближнего космоса?**
 - а) 100 км
 - б) 500 км
 - в) 1000 км
 - г) 10000 км
2. **Какой процесс является основным источником ионизации в ионосфере?**
 - а) Термическая ионизация
 - б) Фотоионизация ультрафиолетовым и рентгеновским излучением Солнца
 - в) Ионизация космическими лучами
 - г) Ионизация при столкновениях с метеороидами
3. **Какой газ преобладает в термосфере на высотах выше 200 км?**
 - а) Молекулярный азот
 - б) Молекулярный кислород
 - в) Атомарный кислород
 - г) Гелий
4. **Как изменяется температура в термосфере с увеличением высоты?**
 - а) Падает
 - б) Растет
 - в) Не меняется
 - г) Сначала растёт, затем падает
5. **Какой слой ионосферы практически исчезает в ночное время?**
 - а) Слой D
 - б) Слой E
 - в) Слой F1
 - г) Слой F2
6. **Что такое плазменная частота?**
 - а) Частота столкновений электронов с нейтралами
 - б) Частота колебаний электронов в плазме относительно ионов
 - в) Частота вращения ионов в магнитном поле
 - г) Частота солнечных вспышек
7. **Какая величина критическая для отражения радиоволн от ионосферы?**
 - а) Электронная концентрация
 - б) Магнитное поле
 - в) Температура нейтралов
 - г) Давление солнечного ветра
8. **Как называется граница между солнечным ветром и магнитосферой?**
 - а) Магнитопауза
 - б) Плазмопауза
 - в) Ударная волна
 - г) Нейтральный слой
9. **Где расположены радиационные пояса Ван Аллена?**
 - а) На высотах 100-200 км
 - б) На высотах 500-5000 км и 10000-20000 км
 - в) На высотах более 50000 км
 - г) Только в полярных областях

10. **Какой тип частиц преобладает во внутреннем радиационном поясе?**
 - а) Электроны
 - б) Протоны
 - в) Альфа-частицы
 - г) Нейтроны
11. **Что такое экзосфера?**
 - а) Самый нижний слой атмосферы
 - б) Слой рассеяния, где частицы могут улетать в космос
 - в) Область ионосферы с максимальной ионизацией
 - г) Область магнитосферы, заполненная холодной плазмой
12. **Какое явление вызывают геомагнитные бури?**
 - а) Увеличение электронной концентрации в ионосфере
 - б) Интенсивные полярные сияния и возмущения магнитного поля
 - в) Повышение температуры у поверхности Земли
 - г) Усиление парникового эффекта
13. **Какой слой ионосферы имеет наибольшую электронную концентрацию в дневное время?**
 - а) D
 - б) E
 - в) F1
 - г) F2
14. **Что такое солнечный ветер?**
 - а) Поток нейтронов
 - б) Поток электромагнитного излучения
 - в) Поток заряженных частиц (протоны, электроны) от Солнца
 - г) Поток пыли
15. **Как скорость солнечного ветра изменяется в максимуме солнечной активности?**
 - а) Уменьшается
 - б) Возрастает
 - в) Не изменяется
 - г) Становится хаотичной
16. **Какая высота соответствует примерно середине слоя F2 в дневное время?**
 - а) 100 км
 - б) 200 км
 - в) 300 км
 - г) 500 км
17. **Что такое полное электронное содержание (ТЕС)?**
 - а) Концентрация электронов на фиксированной высоте
 - б) Интегральное число электронов в столбе сечением 1 м²
 - в) Плотность ионосферной плазмы
 - г) Критическая частота
18. **Какой метод позволяет измерять ТЕС с высокой точностью?**
 - а) Ионозондирование
 - б) Радиозонды
 - в) Спутниковые навигационные системы (GPS/ГЛОНАСС)
 - г) Магнитометрия
19. **Что такое плазмосфера?**
 - а) Внешняя область магнитосферы, заполненная горячей плазмой
 - б) Внутренняя область магнитосферы с холодной плотной плазмой
 - в) Область ионосферы над слоем F2
 - г) Область нейтральной атмосферы

20. Какой эффект вызывает прохождение радиоволн через ионосферу?

- а) Поглощение
- б) Задержка и искривление
- в) Усиление
- г) Поляризация

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Что понимается под ближним космосом и какие основные области околоземного космического пространства входят в его состав?
2. Каковы основные физические параметры околоземной космической среды и как они изменяются с высотой?
3. Опишите строение верхней нейтральной атмосферы и её роль в формировании ионосферы.
4. Какие процессы приводят к образованию ионосферы? Охарактеризуйте основные слои ионосферы и их особенности.
5. Что такое критическая частота ионосферного слоя и полное электронное содержание? Как эти параметры используются в мониторинге?
6. Как ионосфера влияет на распространение радиоволн и работу систем связи, навигации и радиолокации?
7. Каковы основные проявления солнечной активности и их воздействие на околоземное пространство?
8. Что такое космическая погода? Перечислите основные параметры, характеризующие состояние космической погоды.
9. Опишите механизмы переноса энергии и вещества от Солнца к магнитосфере и ионосфере Земли.
10. Как устроена магнитосфера Земли? Назовите её основные области.
11. Что такое радиационные пояса Ван Аллена? Каков их состав, структура и происхождение?
12. Как солнечные возмущения влияют на динамику радиационных поясов и процессы пересоединения в хвосте магнитосферы?
13. Опишите движение заряженных частиц в геомагнитном поле.
14. Каковы основные методы исследования ближнего космоса: спутниковые измерения и дистанционное зондирование?
15. Какие наземные методы мониторинга применяются для изучения ближнего космоса?
16. Как проводятся калибровка и обработка экспериментальных данных космических наблюдений?
17. Перечислите основные этапы проектирования и проведения космического эксперимента.
18. Какие требования предъявляются к космической аппаратуре для работы в условиях ближнего космоса?
19. Что такое геомагнитные индексы и как они используются для оценки возмущённости геомагнитного поля?
20. Как прогнозируется космическая погода и какие модели используются для оперативного прогноза?
21. Какие современные цифровые технологии применяются для моделирования и прогнозирования состояния ближнего космоса?
22. Как данные мониторинга ближнего космоса используются для защиты космических аппаратов, авиации, энергосистем и линий связи?
23. Какое влияние оказывает ионосфера на точность навигационных систем и как осуществляется коррекция ионосферных задержек?
24. Как изучение солнечно-земных связей помогает в понимании климатических изменений и в планировании долгосрочных космических миссий?

25. Приведите примеры комплексного применения методов физики ближнего космоса в науке и технике.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику	хорошо		71-85

		применения			
Удовлетворяет (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Теория плазмы: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://lanbook.com/catalog/fizika/teoriya-plazmy-56122706/>

Дополнительная литература:

1. Физика планет Солнечной системы: учебное пособие. — Санкт-Петербург: Лань, — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311894>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы обработки и визуализации данных».

Цель изучения дисциплины: формирование системных знаний и практических навыков в области сбора, обработки, анализа и визуализации данных, включая применение статистических методов и современных программных инструментов, для решения прикладных задач в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: теоретические основы данных и визуального представления информации, методы сбора, очистки и подготовки данных, статистические методы анализа, программные инструменты обработки на Python, методы интеллектуального анализа и выявления закономерностей, технологии визуализации и контроля качества данных, современные подходы к визуальной аналитике и поддержке принятия решений. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий обработки и визуализации данных на основе фундаментальных знаний, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений и технологий, обосновывать выбор методов анализа и визуализации для конкретных задач. Владеть: навыками работы с программными инструментами обработки данных на Python, методами статистического анализа и интеллектуального анализа данных, способами проектирования аналитических процессов и информационных панелей, приёмами визуализации и контроля качества данных, а также навыками

		комплексного применения методов обработки и визуализации в прикладных проектах.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы обработки и визуализации данных» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации	Роль данных в цифровой экономике, жизненный цикл данных, типы и структуры данных, задачи аналитики, принципы визуального восприятия информации, место визуализации в процессе принятия решений.
2.	Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа	Источники данных, форматы хранения, импорт и экспорт данных, обработка пропусков и выбросов, преобразование признаков, стандартизация и подготовка данных к аналитическим процедурам.
3.	Статистические методы анализа и исследования данных	Описательная статистика, вероятностные распределения, корреляционный анализ, регрессионное моделирование, проверка статистических гипотез, оценка достоверности результатов.
4.	Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python	Использование Python для анализа данных, работа с библиотеками NumPy и Pandas, обработка табличных данных, агрегация, фильтрация, преобразование и анализ наборов данных.

5.	Проектирование аналитических процессов и информационных панелей	Постановка аналитических задач, выбор показателей эффективности, проектирование аналитических конвейеров, разработка структуры отчетов и дашбордов для различных категорий пользователей.
6.	Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей	Классификация, кластеризация, снижение размерности, поиск зависимостей, выявление аномалий, интерпретация аналитических моделей и результатов обработки данных.
7.	Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений	Построение графиков, диаграмм, тепловых карт, геовизуализаций и интерактивных визуализаций с использованием Matplotlib, Seaborn и Plotly, принципы эффективного визуального дизайна.
8.	Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций	Методы верификации и валидации данных, контроль качества визуализаций, оценка корректности аналитических выводов, тестирование аналитических решений и пользовательских интерфейсов.
9.	Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений	Интерактивная аналитика, визуальный Data Mining, автоматизированное построение отчетов, элементы искусственного интеллекта в аналитических системах, современные тенденции развития визуальной аналитики.
10.	Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах	Разработка законченных аналитических проектов, интеграция обработки данных и визуализации, подготовка аналитических отчетов, поддержка принятия решений в научных, инженерных и бизнес-задачах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации

Вопросы для обсуждения: Данные, информация и знания являются базовыми категориями аналитики. Жизненный цикл данных включает сбор, хранение, обработку, анализ и визуализацию. Аналитика данных служит для поддержки принятия решений в наукоемких производствах.

Тема 2: Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа

Вопросы для обсуждения: Основными источниками данных являются базы данных, API, файлы и сенсоры. Очистка данных включает обработку пропущенных значений, удаление дубликатов и фильтрацию выбросов. Интеграция данных объединяет информацию из разных источников в единое представление.

Тема 3: Статистические методы анализа и исследования данных

Вопросы для обсуждения: Описательные статистики включают среднее, медиану,

дисперсию, стандартное отклонение. Корреляционный и регрессионный анализ используются для выявления связей между переменными. Проверка статистических гипотез осуществляется с помощью t-теста и критерия хи-квадрат.

Тема 4: Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python

Вопросы для обсуждения: Pandas обеспечивает импорт, экспорт и предварительную обработку данных. Scikit-learn предоставляет алгоритмы машинного обучения.

Тема 5: Проектирование аналитических процессов и информационных панелей

Вопросы для обсуждения: Информационная панель служит для компактного представления ключевых метрик. При проектировании учитываются целевая аудитория, частота обновления и удобство навигации. Интерактивные элементы повышают эффективность анализа.

Тема 6: Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей

Вопросы для обсуждения: Интеллектуальный анализ данных включает задачи классификации, кластеризации, ассоциации и регрессии. Кластеризация методом k-средних группирует объекты по сходству. Оценка качества моделей производится с помощью кросс-валидации и матрицы ошибок.

Тема 7: Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений

Вопросы для обсуждения: Основные типы визуализации: столбчатые и круговые диаграммы, гистограммы. Интерактивные визуализации допускают масштабирование и фильтрацию. Эффективная визуализация должна быть точной, информативной и простой.

Тема 8: Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций

Вопросы для обсуждения: Качество данных оценивается по критериям точности, полноты, непротиворечивости и своевременности. Верификация моделей проводится на отложенной выборке.

Тема 9: Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений

Вопросы для обсуждения: Визуальная аналитика объединяет интерактивные визуализации с методами машинного обучения. Системы поддержки принятия решений используют аналитические модели для выработки рекомендаций. Большие данные обрабатываются с использованием распределенных технологий.

Тема 10: Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах

Вопросы для обсуждения: Прикладной проект включает все этапы: от сбора данных до визуализации результатов. Результаты анализа представляются в виде отчётов, информационных панелей и презентаций. Оценка эффективности внедрения аналитических решений измеряется бизнес-показателями.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации

Вопросы для обсуждения: Классификация типов данных на примерах. Построение схемы жизненного цикла данных для производственного процесса. Анализ примеров искажающих визуализаций.

Тема 2: Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа

Вопросы для обсуждения: Обработка пропусков и удаление выбросов. Нормализация данных и объединение таблиц.

Тема 3: Статистические методы анализа и исследования данных

Вопросы для обсуждения: Расчёт описательных статистик. Построение корреляционной матрицы. Выполнение линейной регрессии и проверка гипотез.

Тема 4: Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python

Вопросы для обсуждения: Создание и обработка DataFrame в Pandas.

Тема 5: Проектирование аналитических процессов и информационных панелей

Вопросы для обсуждения: Определение ключевых метрик. Создание прототипа информационной панели с интерактивными элементами.

Тема 6: Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей

Вопросы для обсуждения: Построение дерева решений. Снижение размерности методом главных компонент.

Тема 7: Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений

Вопросы для обсуждения: Разработка дашборда с обратными вызовами. Оценка удобства интерфейса.

Тема 8: Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций

Вопросы для обсуждения: Аудит качества данных по метрикам. Верификация модели на отложенной выборке. Документирование этапов обработки.

Тема 9: Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений

Вопросы для обсуждения: Знакомство с инструментами AutoML. Обработка больших данных с использованием Dask.

Тема 10: Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах

Вопросы для обсуждения: Полный цикл анализа для заданного набора данных. Построение интерактивного дашборда. Оформление итогового отчёта и презентация результатов.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа	Импорт данных из CSV и Excel, обработка пропущенных значений и выбросов в Pandas
2	Статистические методы анализа и исследования данных	Расчёт описательных статистик, построение корреляционной матрицы и линейная регрессия
3	Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python	Визуализация распределений с помощью
4	Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей	Кластеризация методом k-средних и классификация с использованием дерева решений
5	Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений	Создание интерактивного дашборда с фильтрацией данных
6	Проектирование аналитических процессов и информационных панелей	Разработка макета информационной панели и построение ключевых метрик (KPI) на реальных данных
7	Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций	Оценка точности прогнозной модели
8	Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах	Выполнение полного цикла анализа по заданному набору данных

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Теоретические основы данных и визуального представления информации. Сбор, очистка и подготовка данных. Статистические методы анализа данных. Программные инструменты Python для анализа данных. Проектирование аналитических процессов и информационных панелей. Методы интеллектуального анализа данных. Интерактивная визуализация данных. Контроль качества данных и моделей. Современные технологии визуальной аналитики. Комплексное применение методов обработки и визуализации в проектах.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Импорт и первичный анализ данных в Pandas. Обработка пропусков, выбросов, нормализация данных. Кластеризация методом k-средних. Верификация моделей и оценка качества.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основы статистического анализа. Жизненный цикл данных и этапы очистки. Принципы создания информационных панелей и интерактивных визуализаций. Методы классификации, кластеризации, снижения размерности. Критерии качества данных и валидации моделей. Применение аналитики в прикладных проектах

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации	ПК-1	Тестирование
Сбор, интеграция, очистка и подготовка данных для анализа	ПК-1	Тестирование
Статистические методы анализа и исследования данных	ПК-1	Тестирование
Программные инструменты обработки и анализа данных на языке Python	ПК-1	Тестирование
Проектирование аналитических процессов и информационных панелей	ПК-1	Тестирование
Методы интеллектуального анализа данных и выявления закономерностей	ПК-1	Тестирование
Методы визуализации данных и разработка интерактивных аналитических представлений	ПК-1	Тестирование
Контроль качества данных, аналитических моделей и визуализаций	ПК-1	Тестирование
Современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений	ПК-1	Тестирование
Комплексное применение методов обработки и визуализации данных в прикладных проектах	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Теоретические основы данных, аналитики и визуального представления информации»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Что такое «данные» в контексте аналитики?**

- Осмысленная информация, готовая для принятия решений
- Сырые факты, символы или показания, не имеющие сами по себе смысла

- в) Знания, полученные в результате исследования
 - г) Прогнозные модели
2. **Какой из этапов жизненного цикла данных является первым?**
- а) Анализ
 - б) Визуализация
 - в) Сбор
 - г) Хранение
3. **Что такое «информация» по отношению к данным?**
- а) Случайный набор чисел
 - б) Данные, обработанные и интерпретированные в контексте
 - в) Графическое представление данных
 - г) База данных
4. **Какой тип данных представляют собой показания датчика температуры, измеренные каждую секунду?**
- а) Неструктурированные
 - б) Временной ряд
 - в) Категориальные
 - г) Пространственные
5. **Для решения какой задачи аналитики используется прогнозирование будущих значений на основе исторических данных?**
- а) Классификация
 - б) Кластеризация
 - в) Регрессия / прогнозирование
 - г) Поиск ассоциативных правил
6. **Какой тип визуализации лучше всего подходит для сравнения долей целого?**
- а) Линейный график
 - б) Гистограмма
 - в) Круговая диаграмма
 - г) Диаграмма рассеяния (scatter-plot)
7. **Какой атрибут визуального восприятия является наиболее точным для сравнения количественных значений?**
- а) Цвет
 - б) Положение на общей шкале
 - в) Размер круга
 - г) Угол наклона
8. **Что такое «дескриптивная аналитика» (Descriptive Analytics)?**
- а) Ответ на вопрос «Что произошло?»
 - б) Ответ на вопрос «Что может произойти?»
 - в) Ответ на вопрос «Что делать?»
 - г) Автоматический поиск закономерностей
9. **Что из перечисленного относится к неструктурированным данным?**
- а) Таблица Excel
 - б) Текст электронного письма
 - в) Реляционная база данных
 - г) CSV-файл
10. **Какой тип диаграммы используется для отображения распределения одной непрерывной переменной?**
- а) Столбчатая диаграмма
 - б) Круговая диаграмма
 - в) Гистограмма
 - г) Диаграмма Ганта

11. **Что такое «бизнес-аналитика» (Business Intelligence)?**
 - а) Технологии машинного обучения
 - б) Совокупность методов и инструментов для преобразования данных в информацию для принятия решений
 - в) Сбор первичных данных
 - г) Создание информационных панелей без анализа
12. **Какой метод визуализации лучше подходит для выявления корреляции между двумя непрерывными переменными?**
 - а) Круговая диаграмма
 - б) Столбчатая диаграмма
 - в) Диаграмма рассеяния (scatter-plot)
 - г) Ящик с усами (box plot)
13. **Что такое «модель данных»?**
 - а) Графическое отображение данных
 - б) Абстракция, описывающая структуру, взаимосвязи и ограничения данных
 - в) Программа для очистки данных
 - г) Набор статистических тестов
14. **Какой вид аналитики отвечает на вопрос «Что произойдёт в будущем?»?**
 - а) Дескриптивная
 - б) Диагностическая
 - в) Предиктивная (прогнозная)
 - г) Предписывающая
15. **Какой принцип визуализации данных утверждает, что график должен быть понятен без дополнительного текста?**
 - а) Принцип честности
 - б) Принцип простоты
 - в) Принцип самодостаточности
 - г) Принцип интерактивности

Типовое задание для лабораторной работы:

Тема: Импорт данных из CSV и Excel, обработка пропущенных значений и выбросов в Pandas

1. Импорт необходимых библиотек и загрузка данных

- 1.1. Импортируйте библиотеки pandas, numpy, matplotlib.pyplot, seaborn.
- 1.2. Загрузите файл sales.csv в DataFrame df_sales с помощью pd.read_csv(). Выведите первые 5 строк (head()).
- 1.3. Загрузите файл customers.xlsx (лист «Sheet1») в DataFrame df_customers с помощью pd.read_excel(). Выведите общую информацию о DataFrame (info()) и основные статистики (describe()).

2. Анализ пропущенных значений

- 2.1. Для df_customers определите количество пропущенных значений в каждом столбце (isnull().sum()).
- 2.2. Рассчитайте долю пропусков в процентах от общего числа строк.
- 2.3. Удалите строки, в которых отсутствуют значения в столбце customer_id (если такой столбец есть).
- 2.4. Для числового столбца age заполните пропуски медианным значением возраста.
- 2.5. Для категориального столбца city заполните пропуски модальным (наиболее частым) значением.
- 2.6. Для столбца income (числовой) заполните пропуски средним значением, но только после удаления выбросов (см. пункт 3).
- 2.7. Продемонстрируйте, что после обработки пропусков в DataFrame не осталось пустых значений.

3. Обнаружение и обработка выбросов (аномалий)

3.1. Для числового столбца `income` (доход) постройте ящик с усами (boxplot) с помощью `seaborn.boxplot` и гистограмму распределения. Визуально оцените наличие выбросов.

3.2. Используйте метод межквартильного размаха (IQR):

- Рассчитайте первый (Q1) и третий (Q3) квантили.
- Вычислите $IQR = Q3 - Q1$.
- Определите нижнюю и верхнюю границы: $lower = Q1 - 1.5 * IQR$, $upper = Q3 + 1.5 * IQR$.
- Найдите строки, в которых значения `income` выходят за эти границы.

3.3. Создайте копию DataFrame `df_customers_clean` и удалите из неё выбросы (строки с `income` вне границ).

3.4. Замените удалённые выбросы на значение верхней границы (каппинг) в другом варианте обработки для сравнения (создайте ещё один DataFrame).

3.5. Объясните, какой метод обработки выбросов (удаление или каппинг) целесообразнее в контексте конкретных данных.

4. Работа с файлом `sales.csv`

4.1. Изучите структуру `df_sales`: типы столбцов, наличие пропусков, дубликатов.

4.2. Найдите строки-дубликаты и удалите их (оставьте первое вхождение).

4.3. В столбце `price` (цена) обработайте выбросы методом каппинга по 1-му и 99-му перцентилям.

4.4. Приведите столбцы с датами к типу `datetime`.

4.5. Сохраните очищенный DataFrame в новый файл `sales_cleaned.csv` (без индекса).

5. Итоговая проверка и отчёт

5.1. Для каждого из очищенных наборов данных выведите описательные статистики и проверьте отсутствие пропусков.

5.2. Постройте гистограммы распределения числовых переменных до и после обработки выбросов (на одном графике).

5.3. Сделайте вывод о том, как обработка повлияла на распределение и основные статистики.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине Перечень вопросов к экзамену:

1. Что такое данные, информация и знания? В чем их различие и взаимосвязь?
2. Опишите основные этапы жизненного цикла данных.
3. Какие существуют типы данных? Приведите примеры.
4. Каковы основные источники данных для анализа в наукоёмких производствах?
5. Какие проблемы качества данных наиболее часто встречаются и как они решаются?
6. Что такое интеграция данных и какие методы объединения данных из разных источников используются?
7. Какие этапы включает очистка и подготовка данных? Опишите обработку пропущенных значений и удаление выбросов.
8. Что такое нормализация и стандартизация данных? В каких случаях они применяются?
9. Какие описательные статистики используются для анализа данных?
10. Как интерпретировать корреляционную матрицу? В чем разница между корреляцией и причинно-следственной связью?
11. Что такое линейная регрессия? Как оценивается качество регрессионной модели?
12. Как проводится проверка статистических гипотез? Что такое t-тест и критерий хи-квадрат?
13. Какие методы анализа временных рядов используются для выделения тренда, сезонности и шума?

14. Назовите основные библиотеки Python для обработки и анализа данных и их назначение.
15. Как выполняется импорт, экспорт и предварительная обработка данных с использованием Pandas?
16. Что такое информационная панель? Каковы принципы её проектирования?
17. Какие задачи решаются методами интеллектуального анализа данных?
18. Как работает метод k-средних для кластеризации? Как выбрать число кластеров?
19. Что такое дерево решений? Как интерпретируются правила, полученные с его помощью?
20. Какие метрики используются для оценки качества классификации?
21. Какие типы визуализации применяются для различных типов данных?
22. Как создаются интерактивные визуализации с использованием библиотек Plotly, Vokeh или инструментов Tableau, Power BI?
23. Что такое верификация и валидация аналитических моделей? Как проводится контроль качества данных и моделей?
24. Каковы современные технологии визуальной аналитики и интеллектуальной поддержки принятия решений?
25. Опишите комплексный подход к решению прикладной задачи анализа данных на примере.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать,	хорошо		71-85

	контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Алексеев, Д. С. Технологии интеллектуального анализа данных: учебник для вузов / Д. С. Алексеев, О. В. Щекочихин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 176 с. — ISBN 978-5-507-48466-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362915>

Дополнительная литература:

1. Русакова, М. С. Моделирование физических процессов и визуализация данных средствами Python: практикум: учебное пособие / М. С. Русакова, Е. В. Рогачева. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/480473>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Численное моделирование процессов в атмосфере и ионосфере».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний и практических навыков в области численного моделирования процессов в атмосфере и ионосфере, включая математические методы, вычислительные технологии, ассимиляцию данных и прогнозирование космической погоды для решения прикладных задач.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: физические основы атмосферы и ионосферы, численные методы моделирования, программные комплексы и подходы к верификации результатов. Уметь: описывать и проектировать методы моделирования, разрабатывать технологические требования и обосновывать выбор моделей и численных подходов. Владеть: навыками проведения численных экспериментов, анализа результатов, ассимиляции данных и моделирования возмущений с использованием высокопроизводительных вычислений.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Численное моделирование процессов в атмосфере и ионосфере» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы

(контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли	Структура атмосферы и ионосферы, химический состав, процессы ионизации и рекомбинации, радиационный баланс, взаимодействие солнечного излучения и магнитосферы с геофизическими оболочками Земли.
2.	Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов	Уравнения гидродинамики, газовой динамики, термодинамики и магнитной гидродинамики, системы уравнений переноса, начальные и граничные условия, постановка задач математической физики.
3.	Численные методы моделирования геофизических сред и процессов	Методы конечных разностей, конечных объемов и конечных элементов, методы решения жестких систем уравнений, анализ устойчивости, сходимости и точности вычислительных схем.
4.	Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы	Архитектура высокопроизводительных вычислительных систем, операционные системы Linux, основы параллельных вычислений, программные комплексы WRF, OpenFOAM и специализированные средства подготовки и обработки данных.
5.	Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики	Построение расчетных областей и сеток, выбор физических параметризаций, настройка вычислительных сценариев, проведение численных экспериментов и анализ чувствительности моделей к входным параметрам.
6.	Анализ, верификация и валидация результатов моделирования	Статистический анализ результатов, методы сравнения с экспериментальными и спутниковыми данными, оценка ошибок, неопределенностей, точности и достоверности численных прогнозов.
7.	Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных	Численное исследование гравитационных волн, приливных явлений, турбулентности, распространения возмущений в верхней атмосфере и динамики ионосферной плазмы.

	процессов	
8.	Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели	Использование наземных, спутниковых и радиофизических измерений, методы ассимиляции данных, повышение точности прогностических моделей атмосферы и ионосферы.
9.	Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального моделирования	Параллельные вычисления на кластерах и суперкомпьютерах, технологии MPI и OpenMP, GPU-ускорение, методы машинного обучения и элементы цифровых двойников геофизических систем.
10.	Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды	Связанные многомасштабные модели атмосферы и ионосферы, моделирование солнечно-земных взаимодействий, прогнозирование космической погоды и оценка ее влияния на технические системы.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли

Вопросы для обсуждения: Строение нейтральной атмосферы и ионосферы. Основные физические процессы: фотоионизация, рекомбинация, диффузия, дрейф заряженных частиц. Электродинамика ионосферы: электрические поля, токи, влияние геомагнитного поля. Роль солнечного излучения и солнечного ветра в формировании ионосферы.

Тема 2: Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов

Вопросы для обсуждения: Системы уравнений гидротермодинамики нейтральной атмосферы. Уравнения переноса для заряженных компонент ионосферной плазмы. Уравнения Максвелла для электромагнитных полей в ионосфере. Начальные и граничные условия, характерные времена и масштабы.

Тема 3: Численные методы моделирования геофизических сред и процессов

Вопросы для обсуждения: Конечно-разностные методы. Метод конечных элементов для задач геофизики. Спектральные методы и псевдоспектральные подходы. Адаптивные сетки и методы сгущения. Решение многомерных уравнений переноса и гидродинамики.

Тема 4: Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы

Вопросы для обсуждения: Обзор современных моделей: глобальные модели нейтральной атмосферы, ионосферные модели. Параллельные и распределённые вычисления. Программные среды и инструменты.

Тема 5: Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики

Вопросы для обсуждения: Постановка цели и задач численного эксперимента. Выбор модели, области моделирования, разрешения и параметров. Планирование серии экспериментов. Оценка вычислительных затрат и хранение результатов.

Тема 6: Анализ, верификация и валидация результатов моделирования

Вопросы для обсуждения: Методы визуализации и статистического анализа выходных данных. Сравнение с экспериментальными данными. Оценка погрешностей модели, определение чувствительности. Верификация и валидация.

Тема 7: Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных процессов

Вопросы для обсуждения: Волновые процессы в атмосфере: гравитационные волны, акустические волны, приливные волны. Взаимодействие волн с ионосферой. Моделирование распространения атмосферных возмущений от наземных и космических источников. Плазменные неоднородности.

Тема 8: Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели

Вопросы для обсуждения: Вариационные методы ассимиляции. Построение начальных полей и обновление модели в реальном времени.

Тема 9: Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального моделирования

Вопросы для обсуждения: Применение графических процессоров для ускорения расчётов. Облачные вычисления. Большие данные и анализ многолетних ансамблевых расчётов.

Тема 10: Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды

Вопросы для обсуждения: Связанные модели нейтральной атмосферы, ионосферы и магнитосферы. Влияние солнечной активности и геомагнитных бурь на верхнюю атмосферу и ионосферу.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли

Вопросы для обсуждения: Анализ типовых высотных профилей температуры, плотности и электронной концентрации. Расчёт критических частот, масштаба высоты, времени жизни заряженных частиц. Решение задач на дрейф частиц в скрещенных полях.

Тема 2: Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов

Вопросы для обсуждения: Вывод одномерных уравнений переноса электронной концентрации. Определение характерных времён по заданным параметрам. Построение стационарного профиля электронной концентрации в упрощённой модели.

Тема 3: Численные методы моделирования геофизических сред и процессов

Вопросы для обсуждения: Реализация явной конечно-разностной схемы для одномерного уравнения переноса. Анализ устойчивости схемы. Программирование простейшей модели в Python.

Тема 4: Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы

Вопросы для обсуждения: Знакомство с интерфейсом и структурой входных файлов одной из моделей. Запуск тестового расчёта, визуализация результатов. Оценка производительности расчёта.

Тема 5: Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики

Вопросы для обсуждения: Разработка плана численного эксперимента для исследования реакции ионосферы на солнечную вспышку. Выбор пространственного разрешения и временного шага. Расчёт вычислительных затрат.

Тема 6: Анализ, верификация и валидация результатов моделирования

Вопросы для обсуждения: Вычисление коэффициента корреляции, среднеквадратичной ошибки. Проведение теста на сходимость при измельчении сетки.

Тема 7: Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных процессов

Вопросы для обсуждения: Расчёт дисперсионных соотношений для гравитационных волн. Моделирование распространения пакета гравитационных волн в изотермической атмосфере. Анализ ионосферных откликов на наземные источники по литературным данным.

Тема 8: Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели

Вопросы для обсуждения: Построение псевдонаблюдений на основе модельных данных. Реализация простой схемы ассимиляции. Оценка влияния ассимиляции на прогноз.

Тема 9: Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального моделирования

Вопросы для обсуждения: Написание параллельного фрагмента кода для расчёта профиля электронной концентрации. Применение обученной нейронной сети для эмуляции сложного блока модели. Работа в облачной среде для выполнения расчётов.

Тема 10: Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды

Вопросы для обсуждения: Интеграция данных солнечного ветра для расчёта геомагнитного индекса. Подготовка отчёта о прогнозе космической погоды.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы строения и электродинамики атмосферы и ионосферы. Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов. Численные методы моделирования геофизических сред. Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования. Проектирование численных экспериментов. Моделирование атмосферных возмущений и ионосферных плазменных процессов. Методы ассимиляции данных. Высокопроизводительные вычисления и интеллектуальное моделирование. Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ высотных профилей температуры, плотности и электронной концентрации. Расчёт критических частот, масштаба высоты, времени жизни заряженных частиц. Решение задач на дрейф частиц. Вывод уравнений переноса электронной концентрации. Реализация конечно-разностных схем для одномерного уравнения переноса. Работа с входными файлами моделей и визуализация результатов. Планирование численного эксперимента. Сравнение модели с данными наблюдений, оценка погрешностей. Расчёт дисперсионных соотношений для гравитационных волн. Реализация простых схем ассимиляции данных. Написание параллельных фрагментов кода и применение нейронных сетей для эмуляции.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Строение атмосферы и ионосферы, физические процессы. Численные методы. Современные модели атмосферы и ионосферы. Этапы численного эксперимента. Критерии верификации и валидации. Волновые процессы и плазменные неоднородности. Методы ассимиляции данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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
Математическое описание атмосферных и ионосферных процессов	ПК-2	Тестирование
Численные методы моделирования геофизических сред и процессов	ПК-2	Тестирование
Вычислительная инфраструктура и программные комплексы моделирования атмосферы и ионосферы	ПК-2	Тестирование
Проектирование и проведение численных экспериментов в задачах атмосферной и ионосферной динамики	ПК-2	Тестирование
Анализ, верификация и валидация результатов моделирования	ПК-2	Тестирование
Моделирование атмосферных возмущений, волн и ионосферных плазменных процессов	ПК-2	Тестирование
Методы ассимиляции данных и интеграция наблюдений в численные модели	ПК-2	Тестирование
Современные технологии высокопроизводительных вычислений и интеллектуального	ПК-2	Тестирование

моделирования		
Комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера и прогнозирование космической погоды	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы строения, динамики и электродинамики атмосферы и ионосферы Земли»

1. Какая область атмосферы расположена выше мезосферы и характеризуется ростом температуры с высотой?

- а) Тропосфера
- б) Стратосфера
- в) Термосфера
- г) Экзосфера

2. Какой слой ионосферы имеет наибольшую электронную концентрацию в дневное время?

- а) Слой D
- б) Слой E
- в) Слой F1
- г) Слой F2

3. Что является основным источником ионизации в ионосфере?

- а) Космические лучи
- б) Ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца
- в) Радиоактивное излучение Земли
- г) Внутреннее тепло Земли

4. Какой процесс преобладает в слое D ионосферы?

- а) Фотоионизация
- б) Рекомбинация
- в) Диффузия
- г) Дрейф в магнитном поле

5. Что такое критическая частота ионосферного слоя?

- а) Частота, на которой радиоволны полностью поглощаются
- б) Максимальная частота, отражаемая слоем при вертикальном падении
- в) Частота столкновений электронов с ионами
- г) Частота, при которой возникает спорадический слой

6. Какой тип дрейфа заряженных частиц возникает в скрещенных электрическом и магнитном полях?

- а) Ларморовское вращение
- б) Дрейф $E \times B$
- в) Баунс-движение
- г) Поляризационный дрейф

7. Какая сила в основном удерживает заряженные частицы в радиационных поясах?

- а) Сила тяжести
- б) Электрическая сила

- в) Магнитная сила Лоренца
- г) Сила давления солнечного ветра

8. Как изменяется электронная концентрация в ионосфере в период максимума солнечной активности?

- а) Уменьшается
- б) Увеличивается
- в) Не изменяется
- г) Исчезает

9. Что такое полное электронное содержание (ТЕС)?

- а) Концентрация электронов на фиксированной высоте
- б) Интегральное число электронов в столбе сечением 1 м^2
- в) Плотность ионосферной плазмы
- г) Критическая частота

10. Как называется ток в ионосфере, связанный с солнечным нагреванием и приливами?

- а) Полярный электроджет
- б) Экваториальный электроджет
- в) Кольцевой ток
- г) Ток Биркеланда

11. Какая область магнитосферы расположена на ночной стороне Земли?

- а) Плазмосфера
- б) Магнитный хвост
- в) Магнитопауза
- г) Радиационный пояс

12. Какой эффект вызывает прохождение радиоволн через ионосферу?

- а) Усиление
- б) Задержка и искривление
- в) Поляризация
- г) Полное поглощение

13. Что такое спорадический слой E?

- а) Слой с аномально высокой электронной концентрацией на высотах около 100–120 км
- б) Слой, возникающий только в полярных областях
- в) Слой в термосфере с повышенной температурой
- г) Слой с пониженной электронной концентрацией

14. Какой механизм отвечает за нагрев термосферы?

- а) Поглощение видимого света
- б) Поглощение ультрафиолетового и рентгеновского излучения
- в) Инфракрасное излучение Земли
- г) Трение о магнитосферу

15. Что такое плазмосфера?

- а) Внешняя область магнитосферы с горячей плазмой
- б) Внутренняя область магнитосферы с холодной плотной плазмой
- в) Область ионосферы над слоем F2
- г) Область нейтральной атмосферы

16. Какой слой ионосферы исчезает в ночное время?

- а) Слой D
- б) Слой E
- в) Слой F1
- г) Слой F2

17. Что такое рекомбинация в ионосфере?

- а) Процесс образования ионов под действием света
- б) Процесс объединения электрона и иона в нейтральную частицу

- в) Процесс диффузии ионов вверх
 - г) Процесс дрейфа частиц в магнитном поле
18. **Какой газ преобладает на высотах выше 200 км в термосфере?**
- а) Молекулярный азот
 - б) Молекулярный кислород
 - в) Атомарный кислород
 - г) Гелий
19. **Что такое полярное сияние?**
- а) Свечение верхней атмосферы, вызванное выпадением заряженных частиц
 - б) Отражение солнечного света от ледяных кристаллов
 - в) Излучение термосферы в инфракрасном диапазоне
 - г) Свечение вулканического происхождения
20. **Как влияет геомагнитная буря на ионосферу?**
- а) Увеличивает электронную концентрацию во всех слоях
 - б) Вызывает возмущения, уменьшение TЕС, изменение структуры слоёв
 - в) Не влияет
 - г) Уменьшает высоту слоя F2

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Опишите строение нейтральной атмосферы и ионосферы Земли.
2. Какие физические процессы определяют поведение ионосферной плазмы?
3. Какую роль играет солнечное ультрафиолетовое и рентгеновское излучение в формировании ионосферы?
4. Запишите систему уравнений гидротермодинамики для нейтральной атмосферы и объясните физический смысл каждого уравнения.
5. Какие уравнения используются для описания переноса заряженных компонент в ионосферной плазме?
6. Как учитываются электромагнитные поля в ионосфере? Запишите уравнения Максвелла в приближении, применимом для ионосферной плазмы.
7. Какие численные методы наиболее часто применяются в геофизическом моделировании и в чем их преимущества?
8. Что такое устойчивость и сходимость конечно-разностной схемы? Приведите примеры явных и неявных схем.
9. Какие глобальные модели нейтральной атмосферы и ионосферы вы знаете? Кратко охарактеризуйте их.
10. Как организуются параллельные вычисления в задачах моделирования атмосферы и ионосферы?
11. Перечислите основные этапы проектирования численного эксперимента.
12. Как проводится верификация и валидация моделей геофизических процессов? Какие критерии и метрики используются?
13. Опишите методы моделирования атмосферных гравитационных и акустических волн. Каковы их дисперсионные соотношения?
14. Как моделируются ионосферные плазменные неоднородности?
15. Что такое методы ассимиляции данных и для чего они применяются?
16. Какие данные обычно ассимилируются в моделях ионосферы?
17. Какие современные технологии высокопроизводительных вычислений используются для ускорения геофизических расчётов?
18. Как методы машинного обучения могут быть применены в моделировании атмосферы и ионосферы?
19. Опишите комплексное моделирование системы атмосфера–ионосфера–магнитосфера и его роль в прогнозировании космической погоды.

20. Как результаты численного моделирования используются для прогноза возмущений радиосвязи, навигации и радиационной обстановки на орбитах?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать	хорошо		71-85

		практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Бахвалов, Н. С. Численные методы: учебник для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. — 9-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2020. — 636 с. — ISBN 978-5-00101-836-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126099>

Дополнительная литература:

1. Волков, Е. А. Численные методы: учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 252 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/254663>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Солнечно-земные связи и космическая погода».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических механизмах солнечно-земных взаимодействий, определяющих состояние космической погоды, а также практических навыков анализа, моделирования и прогнозирования её параметров для оценки и снижения рисков воздействия на технические и инфраструктурные системы в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов.	Знать: физические основы солнечно-земных связей и космической погоды, структуру магнитосферы, ионосферы и термосферы, методы наблюдений и моделирования, а также воздействие космической погоды на технические системы. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий прогнозирования космической погоды, обосновывать выбор методов анализа для обеспечения устойчивости инфраструктуры. Владеть: навыками анализа геофизических данных, моделирования и прогнозирования космической погоды, контроля качества и верификации прогнозных моделей.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Солнечно-земные связи и космическая погода» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной

аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды	Предмет и задачи дисциплины, место солнечно-земных связей в системе наук о Земле и космосе, история исследований, основные физические процессы переноса энергии и вещества от Солнца к Земле.
2.	Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда	Строение и эволюция Солнца, солнечные циклы, солнечные пятна, вспышки, корональные выбросы массы, солнечный ветер, межпланетное магнитное поле и динамика гелиосферы.
3.	Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов	Наземные и космические средства мониторинга, солнечные обсерватории, спутниковые миссии, магнитометры, радиофизические комплексы, методы регистрации потоков частиц, электромагнитного излучения и плазменных параметров.
4.	Магнитогидродинамика и физика космической плазмы	Основы магнитогидродинамики, кинетическая теория плазмы, процессы переноса в космической среде, ударные волны, магнитное пересоединение, взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли.
5.	Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы	Структура и динамика магнитосферы, ионосферы и термосферы, радиационные пояса, полярные сияния, механизмы передачи энергии и формирования геофизических возмущений.
6.	Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов	Обработка данных солнечных наблюдений, временных рядов и спектров, анализ индексов солнечной и геомагнитной активности, методы статистики, спектрального анализа и визуализации данных.
7.	Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды	Физические и эмпирические модели солнечно-земных взаимодействий, численное моделирование магнитосферы и ионосферы, прогнозирование геомагнитных бурь и

		радиационной обстановки.
8.	Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей	Калибровка измерительных систем, оценка погрешностей, фильтрация шумов, методы валидации и верификации моделей, показатели точности прогнозов космической погоды.
9.	Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды	Машинное обучение, искусственный интеллект, обработка больших данных, нейросетевые методы прогнозирования, автоматизация мониторинга и поддержки принятия решений.
10.	Воздействие космической погоды на технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры	Влияние солнечной активности на спутники, навигацию, радиосвязь, авиацию, энергосистемы и космические аппараты, оценка рисков, инженерные методы защиты и обеспечение технологической устойчивости.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды

Вопросы для обсуждения: Космическая погода определяется солнечным ветром, геомагнитной активностью и потоками частиц. Основные геоэффективные солнечные явления: вспышки, выбросы корональной массы и высокоскоростные потоки.

Тема 2: Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда

Вопросы для обсуждения: Солнечная активность влияет на все параметры космической погоды через 11-летний цикл. Гелиосфера заполнена солнечным ветром с вмерзшим межпланетным магнитным полем.

Тема 3: Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов

Вопросы для обсуждения: Наземные методы включают магнитометры, ионозонды и радары. Спутниковые приборы измеряют параметры солнечного ветра, потоки частиц и геомагнитное поле в реальном времени.

Тема 4: Магнитогидродинамика и физика космической плазмы

Вопросы для обсуждения: Магнитогидродинамика описывает поведение плазмы в магнитном поле с помощью уравнений непрерывности, движения, индукции и энергии.

Тема 5: Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы

Вопросы для обсуждения: Магнитосфера отклоняет солнечный ветер, ионосфера влияет на радиоволны, термосфера нагревается солнечным излучением. Эти области связаны через токи и поля.

Тема 6: Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов

Вопросы для обсуждения: Временные ряды содержат периодические и непериодические компоненты. Спектральный и корреляционный анализы выявляют тренды и связи между параметрами.

Тема 7: Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды

Вопросы для обсуждения: Эмпирические модели используют статистические связи, физические модели основаны на уравнениях МГД. Прогнозы делятся на краткосрочные и долгосрочные.

Тема 8: Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей

Вопросы для обсуждения: Контроль качества включает калибровку и фильтрацию выбросов. Верификация моделей проводится сравнением прогнозов с независимыми наблюдениями.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды

Вопросы для обсуждения: Методы машинного обучения улучшают прогнозирование геомагнитных бурь. Большие данные и цифровые двойники используются для моделирования космической среды.

Тема 10: Воздействие космической погоды на технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры

Вопросы для обсуждения: Геомагнитные бури вызывают блуждающие токи в энергосистемах. Ионосферные возмущения ухудшают точность навигации и связь. Потоки частиц создают радиационную опасность.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды

Вопросы для обсуждения: Анализ индексов солнечной активности и построение их графиков.

Тема 2: Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда

Вопросы для обсуждения: Расчёт времени прихода выброса корональной массы к Земле.

Тема 3: Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов

Вопросы для обсуждения: Определение критических частот ионосферы по данным ионозонда.

Тема 4: Магнитогидродинамика и физика космической плазмы

Вопросы для обсуждения: кинетическая теория плазмы

Тема 5: Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы

Вопросы для обсуждения: Построение высотных профилей электронной концентрации и расчёт ТЕС.

Тема 6: Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов

Вопросы для обсуждения: Фильтрация и спектральный анализ геомагнитных индексов.

Тема 7: Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды

Вопросы для обсуждения: Применение линейной регрессии для прогноза Кр-индекса.

Тема 8: Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей

Вопросы для обсуждения: Расчёт средней абсолютной ошибки прогноза.

Тема 9: Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды

Вопросы для обсуждения: Использование нейронной сети для классификации геомагнитной активности.

Тема 10: Воздействие космической погоды на технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры

Вопросы для обсуждения: Расчёт ионосферной задержки навигационного сигнала.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда	Анализ индексов солнечной активности и параметров солнечного ветра
2	Методы наблюдений и	Обработка данных спутниковых измерений

	инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов	для выявления геоэффективных выбросов корональной массы
3	Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов	Построение и анализ временных рядов геомагнитных индексов для идентификации магнитных бурь
4	Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли	Вычисление полного электронного содержания по данным спутниковых навигационных систем и корреляция с геомагнитной активностью
5	Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды	Применение простой эмпирической модели для прогноза индекса геомагнитной активности по параметрам солнечного ветра

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Физические основы солнечно-земных связей. Солнечная активность и гелиосфера. Методы наблюдений солнечно-земных процессов. Магнитогидродинамика космической плазмы. Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли. Анализ данных космической погоды. Моделирование и прогнозирование космической погоды. Контроль качества и верификация прогнозов. Интеллектуальные методы анализа. Воздействие космической погоды на технические системы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ индексов солнечной активности. Расчёт времени прихода выброса корональной массы. Определение критических частот ионосферы. Расчёт ларморовского радиуса и альфвеновской скорости. Оценка точности прогнозов. Использование нейронных сетей для классификации геомагнитной активности. Расчёт ионосферной задержки навигационного сигнала.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Солнечная активность и её проявления. Методы мониторинга космической погоды. Строение магнитосферы, ионосферы и термосферы. Анализ временных рядов и статистическая обработка данных. Типы моделей космической погоды. Оценка качества и верификация прогнозов. Применение машинного обучения. Влияние космической погоды на радиосвязь, навигацию и энергосистемы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды	ПК-1.1	Тестирование
Солнечная активность, гелиосфера и межпланетная среда	ПК-1.1	Тестирование
Методы наблюдений и инструментальные средства исследования солнечно-земных процессов	ПК-1.1	Тестирование
Магнитогидродинамика и физика космической плазмы	ПК-1.1	Тестирование
Магнитосфера, ионосфера и термосфера Земли как элементы солнечно-земной системы	ПК-1.1	Тестирование
Анализ данных космической погоды и геофизических временных рядов	ПК-1.1	Тестирование
Моделирование и прогнозирование процессов космической погоды	ПК-1.1	Тестирование
Контроль качества данных и верификация прогнозных моделей	ПК-1.1	Тестирование
Современные цифровые технологии и интеллектуальные методы анализа космической погоды	ПК-1.1	Тестирование
Воздействие космической погоды на	ПК-1.1	Тестирование

технические системы и методы обеспечения устойчивости инфраструктуры		

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Физические основы солнечно-земных связей и космической погоды»

1. Что такое космическая погода?

- а) Метеорологические явления в верхних слоях атмосферы
- б) Совокупность условий в околоземном космическом пространстве, определяемых солнечной активностью и взаимодействием солнечного ветра с магнитосферой Земли
- в) Погода на поверхности Солнца
- г) Климатические изменения на Земле

2. Какой параметр является основным индикатором солнечной активности?

- а) Скорость вращения Земли
- б) Число Вольфа (количество солнечных пятен)
- в) Интенсивность космических лучей
- г) Высота полярных сияний

3. Что такое выброс корональной массы (СМЕ)?

- а) Вспышка рентгеновского излучения на Солнце
- б) Выброс большого количества плазмы и магнитного поля из солнечной короны в межпланетное пространство
- в) Увеличение плотности солнечного ветра
- г) Корональная дыра

4. Какой процесс является основным источником энергии для возмущений космической погоды?

- а) Приливы и отливы
- б) Вулканическая активность
- в) Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли
- г) Движение тектонических плит

5. Что такое геомагнитная буря?

- а) Резкое возрастание температуры в ионосфере
- б) Сильное возмущение геомагнитного поля, вызванное воздействием солнечного ветра
- в) Изменение направления магнитных полюсов
- г) Выпадение метеоритов

6. Какой индекс используется для количественной оценки геомагнитной активности?

- а) А-индекс
- б) Кр-индекс
- в) рН-индекс
- г) UV-индекс

7. Что такое солнечный ветер?

- а) Поток света от Солнца
- б) Поток заряженных частиц (электронов, протонов), непрерывно истекающий из солнечной короны
- в) Ветер в атмосфере Солнца
- г) Поток нейтрино

8. Какой прибор измеряет параметры солнечного ветра на спутниках?

- а) Барометр

- б) Термометр
 - в) Анализатор плазмы и магнитометр
 - г) Гигрометр
9. **Что происходит с магнитным полем Земли при ударе выброса корональной массы?**
- а) Оно ослабевает
 - б) Оно сжимается с наветренной стороны и вытягивается в хвост
 - в) Оно исчезает
 - г) Оно меняет полярность
10. **Какое явление возникает в ионосфере под действием космической погоды?**
- а) Ионосферная буря (возмущение электронной концентрации)
 - б) Термический удар
 - в) Акустическая волна
 - г) Вакуумная вспышка
11. **Как влияет геомагнитная буря на работу спутников?**
- а) Улучшает связь
 - б) Повышает радиационную нагрузку и может вызывать сбои электроники
 - в) Увеличивает срок службы
 - г) Не влияет
12. **Что такое полярное сияние?**
- а) Отражение солнечного света от облаков
 - б) Свечение верхней атмосферы, вызываемое высыпанием энергичных заряженных частиц в полярных областях
 - в) Результат вулканической активности
 - г) Оптический обман зрения
13. **Какой временной масштаб типичен для прогноза космической погоды после вспышки на Солнце?**
- а) Несколько минут
 - б) Несколько часов – несколько суток
 - в) Годы
 - г) Десятилетия
14. **Какой параметр солнечного ветра является наиболее важным для прогноза геомагнитной активности?**
- а) Температура
 - б) Плотность
 - в) Скорость и южная компонента межпланетного магнитного поля
 - г) Давление
15. **Какое из перечисленных явлений НЕ относится к космической погоде?**
- а) Магнитная буря
 - б) Ионосферное возмущение
 - в) Солнечное затмение
 - г) Высыпание энергичных частиц

Пример задания для лабораторной работы:

Тема: Анализ индексов солнечной активности и параметров солнечного ветра

Задания

1. Загрузка и первичный анализ данных

1.1. Импортируйте библиотеки pandas, numpy, matplotlib.pyplot, seaborn.

1.2. Загрузите файл sunspot_data.csv в DataFrame df_sunspots. Выведите первые 5 строк,

информацию о типах данных и основные статистики.

1.3. Загрузите файл `solar_wind_data.csv` в DataFrame `df_sw`. Переведите столбец с датой в тип `datetime` и установите его в качестве индекса.

1.4. Проверьте наличие пропущенных значений. При их наличии решите, какой метод заполнения наиболее подходит (линейная интерполяция, заполнение соседними значениями).

2. Визуализация временных рядов

2.1. Постройте график среднемесячных чисел Вольфа за весь доступный период. Отметьте максимумы и минимумы 11-летних циклов.

2.2. На одном графике отобразите поток радиоизлучения F10.7 и числа Вольфа (с разными осями) – оцените корреляцию.

2.3. Для произвольного интервала (например, последние 3 года) построьте совместный график скорости солнечного ветра и плотности протонов.

3. Статистическая обработка

3.1. Рассчитайте скользящее среднее с окном 13 месяцев для чисел Вольфа, чтобы сгладить сезонные вариации.

3.2. Определите даты максимумов и минимумов циклов (с помощью поиска локальных экстремумов).

3.3. Вычислите коэффициент корреляции Пирсона между числами Вольфа и потоком F10.7, а также между числами Вольфа и средней скоростью солнечного ветра.

Интерпретируйте полученные значения.

4. Анализ связи с геомагнитной активностью

4.1. Загрузите данные геомагнитного индекса Dst за тот же период (файл `dst_index.csv`).

4.2. Для периодов сильных геомагнитных бурь ($Dst < -100$ нТл) извлеките соответствующие значения скорости солнечного ветра и южной компоненты межпланетного магнитного поля B_z .

4.3. Постройте гистограммы распределения этих параметров во время бурь и сравните со среднемноголетними значениями.

4.4. Сделайте вывод о влиянии скорости и B_z на развитие геомагнитных бурь.

5. Подготовка отчёта

5.1. Сформируйте итоговую таблицу с характеристиками последних трёх 11-летних циклов (номера циклов, даты максимумов, средние числа Вольфа).

5.2. Сохраните очищенный и дополненный набор данных в файл `solar_activity_cleaned.csv`.

5.3. Напишите краткое заключение о наблюдаемых закономерностях.

Контрольные вопросы

1. Что характеризует число Вольфа? Как оно рассчитывается?

2. Почему поток F10.7 является удобным индикатором солнечной активности?

3. Какие основные параметры солнечного ветра влияют на геомагнитную активность?

4. Почему южная компонента межпланетного магнитного поля B_z особенно важна для пересоединения с магнитосферой?

5. Каким образом скользящее среднее помогает выявить долгопериодические тренды?

6. Для чего используются коэффициенты корреляции и как интерпретировать их значения?

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Что такое космическая погода и какие параметры её характеризуют?

2. Каковы основные геоэффективные проявления солнечной активности (вспышки, выбросы корональной массы, корональные дыры)?

3. Опишите структуру и динамику солнечного ветра вблизи орбиты Земли.

4. Что такое 11-летний цикл солнечной активности и как он влияет на космическую погоду?
5. Какими методами и инструментами проводятся наземные наблюдения солнечно-земных связей?
6. Какие спутниковые приборы используются для мониторинга солнечного ветра и межпланетного магнитного поля?
7. Основные уравнения магнитогидродинамики и их применение к описанию солнечной плазмы.
8. Что такое альфвеновская скорость и плазменная бета, и каково их значение в физике космической плазмы?
9. Как устроена магнитосфера Земли (ударная волна, магнитопауза, плазмосфера, хвост магнитосферы)?
10. Каковы механизмы взаимодействия солнечного ветра с магнитосферой и процессы пересоединения магнитных полей?
11. Какие токовые системы существуют в магнитосфере и ионосфере (кольцевой ток, полярный электроджет)?
12. Как образуется ионосфера? Опишите её основные слои D, E, F.
13. Влияние ионосферы на распространение радиоволн и точность навигационных систем (GPS/ГЛОНАСС).
14. Какие индексы используются для количественной оценки геомагнитной активности (Kp, Dst, AE)?
15. Как обрабатываются и анализируются временные ряды геофизических данных (фильтрация, спектральный анализ, корреляция)?
16. Типы моделей космической погоды (эмпирические, физические) и примеры (WSA-Enlil, STIPe).
17. Как прогнозируются выбросы корональной массы и время их прихода к Земле?
18. Каковы критерии верификации и методы оценки точности прогнозов космической погоды?
19. Как геомагнитные бури и потоки частиц воздействуют на космические аппараты, энергосистемы и связь?
20. Какие существуют методы защиты технических систем от неблагоприятных факторов космической погоды?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, 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. Клибанова, Ю. Ю. Общие вопросы физики атмосферы, ионосферы и магнитосферы: учебное пособие / Ю. Ю. Клибанова. — Иркутск: Иркутский ГАУ, 2020. — Текст: электронный // ЭБС «Лань». — URL: <https://e.lanbook.com/book/183539>

Дополнительная литература:

1. Хаин, В. Е. Планета Земля. От ядра до ионосферы: учебное пособие / В. Е. Хаин, Н. В.

Короновский. — 2-е изд. — М.: Издательство Московского университета, 2007.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Спутниковые навигационные системы».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области спутниковых навигационных систем, включая принципы функционирования, методы измерений, обработку сигналов, оценку точности и интеграцию с другими навигационными технологиями для решения прикладных задач в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: архитектуру ГНСС, принципы работы приемников, методы позиционирования, источники погрешностей и способы их компенсации, современные технологии высокоточного позиционирования. Уметь: формулировать задачи с учётом социально-экономических и междисциплинарных аспектов, обосновывать выбор навигационных решений по точности, надёжности и экономической эффективности. Владеть: навыками работы с навигационными приемниками, обработки данных, высокоточного позиционирования, контроля качества и практического применения ГНСС.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Спутниковые навигационные системы» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах

ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в глобальные навигационные спутниковые системы	История развития спутниковой навигации, назначение и области применения ГНСС, сравнительный анализ систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou, основные понятия и терминология.
2.	Архитектура ГНСС и навигационные сигналы	Космический, наземный и пользовательский сегменты ГНСС, орбитальные группировки, структура навигационных сообщений, характеристики и спектры навигационных сигналов различных систем.
3.	Навигационные приемники и методы измерений	Принципы функционирования навигационных приемников, кодовые и фазовые измерения, определение псевдодальностей, измерение доплеровского сдвига и времени.
4.	Методы определения координат, скорости и времени	Алгоритмы позиционирования, навигационная задача пользователя, системы координат и времени, методы вычисления пространственных координат и параметров движения.
5.	Источники погрешностей и методы повышения точности	Ошибки спутниковых эфемерид и часов, влияние ионосферы и тропосферы, многолучевость, шумы измерений, методы компенсации и оценки точности навигационных решений.
6.	Технологии высокоточного спутникового позиционирования	Дифференциальные методы навигации, DGPS, SBAS, RTK, Network RTK, PPP, сервисы коррекции и методы достижения сантиметровой точности.
7.	Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных	Комплексирование ГНСС с инерциальными навигационными системами, датчиками движения и ориентации, основы фильтрации данных и повышения устойчивости навигационных решений.
8.	Контроль качества,	Методы оценки качества навигационных данных,

	мониторинг и тестирование навигационных систем	испытания аппаратуры потребителей, анализ надежности, стандарты и нормативные требования к навигационным системам.
9.	Современные технологии и перспективы развития ГНСС	Многочастотные и мультисистемные приемники, технологии PPP-RTK, облачные сервисы навигации, навигация в условиях помех и перспективные направления развития отрасли.
10.	Практическое применение спутниковых навигационных технологий	Использование ГНСС в геодезии, транспорте, авиации, морской навигации, робототехнике, беспилотных системах и интеллектуальных транспортных комплексах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в глобальные навигационные спутниковые системы

Вопросы для обсуждения: Этапы развития ГНСС и их сравнение. Спутниковый, наземный и пользовательский сегменты ГНСС. Основные задачи, решаемые с помощью спутниковой навигации в наукоёмких производствах. Принципы определения местоположения по сигналам спутников.

Тема 2: Архитектура ГНСС и навигационные сигналы

Вопросы для обсуждения: Орбитальные группировки ГНСС: типы орбит, высоты, периоды обращения. Частотные диапазоны L1, L2, L5 и структура навигационных сигналов. Псевдослучайные последовательности для идентификации спутников. Состав навигационного сообщения: эфемериды, альманах, временные поправки.

Тема 3: Навигационные приемники и методы измерений

Вопросы для обсуждения: Устройство ГНСС-приёмника: антенна, радиочастотный тракт, коррелятор, процессор. Фазовый метод измерений и его точность. Измерение доплеровского сдвига частоты.

Тема 4: Методы определения координат, скорости и времени

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости по доплеровским измерениям. Синхронизация часов приёмника по спутниковым сигналам. Алгоритмы пересчёта координат из геоцентрической системы в местную топоцентрическую.

Тема 5: Источники погрешностей и методы повышения точности

Вопросы для обсуждения: Ионосферная и тропосферная задержки сигналов и способы их компенсации. Эфемеридные погрешности и ошибки часов спутников. Многолучевое распространение сигналов и методы его ослабления.

Тема 6: Технологии высокоточного спутникового позиционирования

Вопросы для обсуждения: Принципы работы кинематики реального времени RTK. Использование двухчастотных и многочастотных приёмников для устранения ионосферных ошибок.

Тема 7: Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных

Вопросы для обсуждения: Интеграция ГНСС с инерциальными навигационными системами INS. Схемы комплексирования: слабое, тесное, глубокое.

Тема 8: Контроль качества, мониторинг и тестирование навигационных систем

Вопросы для обсуждения: Методы контроля целостности навигационного сигнала RAIM и FDE. Наземные системы мониторинга и оценки точности ГНСС.

Тема 9: Современные технологии и перспективы развития ГНСС

Вопросы для обсуждения: Новые частотные диапазоны и сигналы L2C, L5, L1C. Использование GNSS для рефлектометрии и дистанционного зондирования. Спутниковые системы расширения SBAS и их региональные реализации. Перспективы интеграции ГНСС с 5G и низкоорбитальными спутниковыми системами связи.

Тема 10: Практическое применение спутниковых навигационных технологий

Вопросы для обсуждения: Применение ГНСС в геодезии и кадастре. Использование в транспортных системах: автопилоты, мониторинг флота. Спутниковая навигация в сельском хозяйстве: автовождение техники. Решения для беспилотных летательных аппаратов и робототехники.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в глобальные навигационные спутниковые системы

Вопросы для обсуждения: Анализ пространственной конфигурации спутников для заданного места и времени. Расчёт числа видимых спутников по альманаху.

Тема 2: Архитектура ГНСС и навигационные сигналы

Вопросы для обсуждения: Вычисление частот несущих и длин волн для разных диапазонов ГНСС. Определение задержки псевдослучайной последовательности по кодовой фазе. Расчёт расстояния до спутника по времени распространения сигнала.

Тема 3: Навигационные приёмники и методы измерений

Вопросы для обсуждения: Вычисление погрешности измерения псевдодальности при заданном отношении сигнал/шум. Оценка минимальной чувствительности приёмника.

Тема 4: Методы определения координат, скорости и времени

Вопросы для обсуждения: Расчёт местоположения по псевдодальномерным измерениям с использованием линеаризации и итераций.

Тема 5: Источники погрешностей и методы повышения точности

Вопросы для обсуждения: Расчёт ионосферной задержки для одночастотного и двухчастотного приёмников. Определение поправки по дифференциальному методу. Оценка влияния многолучевости на псевдодальность.

Тема 6: Технологии высокоточного спутникового позиционирования

Вопросы для обсуждения: Анализ времени фиксации фазы несущей. Расчёт точности позиционирования по RTK и PPP. Сравнение результатов с автономным режимом.

Тема 7: Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных

Вопросы для обсуждения: Оценка улучшения точности при пропадании ГНСС-сигнала. Расчёт весовых коэффициентов при комплексировании.

Тема 8: Контроль качества, мониторинг и тестирование навигационных систем

Вопросы для обсуждения: Анализ контрольных карт для мониторинга стабильности измерений. Калибровка приёмника по эталонному сигналу от симулятора.

Тема 9: Современные технологии и перспективы развития ГНСС

Вопросы для обсуждения: Расчёт дополнительных поправок для повышения точности. Анализ возможностей новых сигналов L5 по подавлению многолучевости.

Тема 10: Практическое применение спутниковых навигационных технологий

Вопросы для обсуждения: Оценка точности для статического и кинематического режимов. Подготовка отчёта по результатам навигационных измерений.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в ГНСС. Архитектура ГНСС и навигационные сигналы. Навигационные приёмники и методы измерений. Методы определения координат, скорости и времени. Источники погрешностей и методы повышения точности. Технологии высокоточного позиционирования (RTK, PPP).

Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных. Контроль качества, мониторинг и тестирование ГНСС. Современные технологии и перспективы развития ГНСС. Практическое применение спутниковых навигационных технологий.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт числа видимых спутников по альманаху. Вычисление частот и длин волн навигационных сигналов. Решение навигационной задачи методом наименьших квадратов. Расчёт ионосферной задержки для одночастотного и двухчастотного приёмников. Оценка влияния многолучевости.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Принципы определения координат по ГНСС. Состав навигационного сообщения (эфемериды, альманах). Псевдодальномерный и фазовый методы измерений. Доплеровский метод определения скорости. Ионосферные, тропосферные, эфемеридные погрешности.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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 глобальные навигационные спутниковые системы	ПК-3	Тестирование
Архитектура ГНСС и навигационные сигналы	ПК-3	Тестирование
Навигационные приемники и методы измерений	ПК-3	Тестирование
Методы определения координат, скорости и времени	ПК-3	Тестирование
Источники погрешностей и методы повышения точности	ПК-3	Тестирование
Технологии высокоточного спутникового позиционирования	ПК-3	Тестирование
Интегрированные навигационные системы и комплексирование данных	ПК-3	Тестирование
Контроль качества, мониторинг и тестирование навигационных систем	ПК-3	Тестирование
Современные технологии и перспективы развития ГНСС	ПК-3	Тестирование
Практическое применение спутниковых навигационных технологий	ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в глобальные навигационные спутниковые системы»

- Какая страна является разработчиком и владельцем системы ГЛОНАСС?**
 - а) США
 - б) Китай
 - в) Россия
 - г) Европейский союз
- Сколько спутников необходимо для определения трёх координат и поправки часов приёмника?**
 - а) 3
 - б) 4
 - в) 5
 - г) 6
- Какой принцип лежит в основе измерения расстояния от приёмника до спутника в ГНСС?**
 - а) По времени распространения радиосигнала при известной скорости света
 - б) По амплитуде принятого сигнала

- в) По углу прихода сигнала
 - г) По фазе несущей частоты
4. **Какое название носит американская глобальная навигационная спутниковая система?**
- а) ГЛОНАСС
 - б) Galileo
 - в) BeiDou
 - г) GPS
5. **Какой элемент не входит в состав космического сегмента ГНСС?**
- а) Орбитальная группировка спутников
 - б) Наземный комплекс управления
 - в) Навигационные сигналы
 - г) Приёмники пользователей
6. **Какие из перечисленных ГНСС являются полностью развёрнутыми и глобальными?**
- а) GPS и ГЛОНАСС
 - б) только GPS
 - в) только Galileo
 - г) только BeiDou
7. **Что такое альманах в навигационном сообщении ГНСС?**
- а) Точные эфемериды всех спутников
 - б) Приближённые параметры орбит всех спутников системы
 - в) Временные поправки часов спутника
 - г) Ионосферная модель
8. **Какой метод измерения псевдодальности является наиболее точным?**
- а) Кодовый
 - б) Фазовый
 - в) Амплитудный
 - г) Энергетический
9. **Что означает термин «многолучевость» в контексте ГНСС?**
- а) Одновременный приём сигналов от нескольких спутников
 - б) Приём сигнала, отражённого от местных предметов, что искажает измерение дальности
 - в) Использование двух частот для компенсации ионосферной погрешности
 - г) Работа приёмника в режиме RTK
10. **Какая частота используется в ГЛОНАСС в качестве стандартной для гражданских навигационных сигналов L1?**
- а) 1575,42 МГц
 - б) 1227,60 МГц
 - в) 1176,45 МГц
 - г) 1602,0 МГц
11. **Что такое дифференциальная коррекция (DGNSS)?**
- а) Использование двухчастотного приёмника
 - б) Учёт движения спутников по точным эфемеридам
 - в) Устранение общей погрешности с помощью базовой станции
 - г) Применение режима RTK
12. **Какой спутниковый сигнал гражданского назначения в системе GPS передаётся на частоте L5?**
- а) L1 C/A
 - б) L2C
 - в) L5
 - г) L1 P
13. **Выберите верное утверждение о системе BeiDou.**
- а) Это система только регионального покрытия

- б) Она разработана в Европейском союзе
 - в) Включает спутники на геостационарной и наклонной геосинхронной орбитах
 - г) Использует только кодовые измерения
14. **Что такое геометрический фактор (DOP)?**
- а) Показатель точности определения координат в зависимости от взаимного расположения спутников
 - б) Количество видимых спутников
 - в) Погрешность часов приёмника
 - г) Отношение сигнал/шум
15. **Какая ГНСС первой была развёрнута и введена в эксплуатацию?**
- а) ГЛОНАСС
 - б) GPS
 - в) Galileo
 - г) BeiDou
16. **Какова основная задача наземного сегмента управления ГНСС?**
- а) Отслеживание орбит спутников и синхронизация их времени
 - б) Обработка запросов пользователей
 - в) Генерация дифференциальных поправок
 - г) Продажа навигационного оборудования
17. **Что означает аббревиатура RAIM?**
- а) Функция автоматического выбора спутников
 - б) Автономный контроль целостности навигационных данных приёмником
 - в) Режим высокоточного позиционирования
 - г) Алгоритм комплексирования с инерциальной системой
18. **Какая высота орбиты типична для спутников GPS и ГЛОНАСС?**
- а) 500–1000 км
 - б) 5000–10000 км
 - в) 19100–20200 км
 - г) 35786 км
19. **Какой метод используется для устранения ионосферной задержки в двухчастотных приёмниках?**
- а) Дифференциальная коррекция
 - б) Использование комбинации измерений на двух частотах
 - в) Фильтр Калмана
 - г) RTK
20. **Что такое SBAS?**
- а) Система спутникового мониторинга целостности
 - б) Система дифференциальной коррекции, передаваемая через геостационарные спутники
 - в) Прогноз ионосферы на основе спутниковых данных
 - г) Дополнительная орбитальная группировка для повышения точности

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Что такое глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС)? Какие основные системы ГНСС действуют в мире?
2. Опишите состав и назначение трех сегментов любой ГНСС (космический, наземный, пользовательский).
3. В чем различие между GPS, ГЛОНАСС, Galileo и BeiDou по орбитальным параметрам и частотному разделению?
4. Каков принцип определения местоположения по измерениям псевдодальности до спутников?
5. Почему для определения трех пространственных координат и поправки часов приемника необходимо минимум 4 спутника?

6. Что такое псевдослучайная последовательность (PRN) и как она используется для идентификации спутников?
7. Из каких основных узлов состоит типовой ГНСС-приемник? Назначение антенны, РЧ-тракта, коррелятора и процессора.
8. Объясните кодовый метод измерения псевдодальности (code phase) и его точность.
9. В чем суть фазового метода измерений (carrier phase) и почему он дает более высокую точность?
10. Как с помощью ГНСС измеряется скорость движения объекта (доплеровский метод)?
11. Что такое эфемериды и альманах? Какая информация содержится в навигационном сообщении каждого спутника?
12. Каковы основные источники погрешностей ГНСС-измерений (ионосферные, тропосферные, эфемеридные, многолучевость)?
13. Как влияет ионосфера на распространение радиосигналов? Какими способами можно компенсировать ионосферную задержку?
14. Что такое геометрический фактор (DOP – Dilution of Precision) и как он влияет на точность позиционирования?
15. Дайте определение дифференциального режима (DGNSS). Как базовая станция позволяет уменьшить общие погрешности?
16. Объясните принцип работы режима RTK (Real-Time Kinematic). Какая точность достигается и каковы условия его применения?
17. Что такое технология точного точечного позиционирования (PPP) и чем она отличается от RTK?
18. Какие новые сигналы (L2C, L5, L1C) введены в современных ГНСС и для каких целей они предназначены?
19. Для чего используются системы спутниковой коррекции (SBAS, например, WAAS, EGNOS, MSAS)?
20. Как осуществляется интеграция ГНСС с инерциальной навигационной системой (INS)? Какие схемы комплексирования существуют?
21. Каковы преимущества интеграции ГНСС с инерциальными датчиками в условиях пропадания сигнала (тоннели, городская застройка)?
22. Что такое контроль целостности навигационного сигнала (RAIM, FDE)? Как приемник самостоятельно обнаруживает сбойный спутник?
23. Какие методы используются для мониторинга качества и тестирования навигационных систем в лабораторных условиях?
24. Как проводится калибровка ГНСС-приемников и антенн? Какие инструменты для этого применяются?
25. Приведите примеры применения спутниковых навигационных систем в геодезии и картографии.
26. Как ГНСС используются в системах управления транспортными средствами (мониторинг, автопилот)?
27. Каково значение спутниковой навигации в сельском хозяйстве (автовождение тракторов, точное земледелие)?
28. Расскажите о роли ГНСС в беспилотных летательных аппаратах и робототехнике.
29. Опишите перспективы развития ГНСС: интеграция с 5G, использование низкоорбитальных спутников, новые частотные диапазоны.
30. В чем отличие относительного позиционирования от абсолютного? Когда применяется каждый из методов?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание	Основные признаки выделения уровня	Пятибалльная	Двухбалльная	БРС, % освоения

	уровня	(этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	шкала (академическая) оценка	ая шкала, зачет	я (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70

Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Богданов, М. Р. Применения GPS/ГЛОНАСС: учебное пособие / М. Р. Богданов. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2026. — 135 с. — ISBN 978-5-91559-109-6. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=477447>

Дополнительная литература:

1. Куприянов, А. О. Глобальные навигационные спутниковые системы: учебное пособие / А. О. Куприянов; Московский государственный университет геодезии и картографии.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным

обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Оптика и фотоника»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:
Физика высоких технологий

Квалификация (степень) выпускника: Физик.

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Введение в физическую химию»
 - 4.2. Программа дисциплины «Основы физики лазеров»
 - 4.3. Программа дисциплины «Взаимодействие излучения с веществом»
 - 4.4. Программа дисциплины «Основы оптоэлектроники»
 - 4.5. Программа дисциплины «Основы фотоники молекул и комплексов»
 - 4.6. Программа дисциплины «Основы рентгеновской оптики»
 - 4.7. Программа дисциплины «Основы биофотоники»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Оптика и фотоника»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физико-химических основ взаимодействия излучения с веществом, включая элементарные акты поглощения, испускания и рассеяния света в молекулах, комплексах и конденсированных средах.
2. Изучение принципов генерации, усиления и модуляции лазерного излучения, типов лазеров и их применения в наукоёмких технологиях.
3. Формирование знаний о квантовых и волновых явлениях при генерации, передаче и детектировании оптического излучения, а также о физических основах работы оптоэлектронных приборов.
4. Освоение закономерностей распространения и преобразования оптического излучения в линейных и нелинейных средах, включая рентгеновский диапазон.
5. Изучение методов спектроскопии и микроскопии для исследования молекулярной и электронной структуры материалов, включая биологические объекты.
6. Приобретение навыков расчёта и проектирования оптических и фотонных систем, в том числе на основе нелинейно-оптических и биофотонных эффектов.
7. Развитие способности применять оптические и фотонные методы для диагностики, сенсорики, управления излучением и обработки информации в наукоёмких производствах.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: фундаментальные физические основы взаимодействия излучения с веществом, принципы работы лазеров, оптоэлектронных устройств, фотоники молекул, рентгеновской оптики и биофотоники, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования характеристик процессов с учётом требований приложений и технологий. Уметь: формулировать и решать

		задачи разработки технологий в области оптики и фотоники на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований конкретных приложений и технологий, обосновывать выбор оптических и фотонных решений для достижения заданных параметров. Владеть: навыками разработки технологических решений в области оптики и фотоники, методами анализа взаимодействия излучения с веществом, способами применения лазерных, оптоэлектронных и биофотонных технологий, приёмами проектирования оптических систем и устройств, а также навыками прогнозирования характеристик процессов и обоснования технологических решений.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: современные методы и технологии в области оптики и фотоники, включая физику лазеров, оптоэлектронику, фотонику молекул, рентгеновскую оптику и биофотонику, физико-химические основы взаимодействия излучения с веществом, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач и разработки технологических требований. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области оптики и фотоники, разрабатывать технологические требования к используемым методам и средствам в конкретных приложениях, обосновывать выбор оптических и фотонных технологий для достижения требуемых характеристик и параметров. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов в

		области оптики и фотоники, способами разработки технологических требований к методам и средствам, приемами применения лазерных, оптоэлектронных, рентгенооптических и биофотонных технологий, а также навыками интеграции оптических и фотонных решений в различные сферы жизнедеятельности.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: физико-химические основы взаимодействия излучения с веществом, принципы работы лазеров, оптоэлектронных и биофотонных устройств, основы рентгеновской оптики и фотоники молекул. Уметь: формулировать задачи разработки с учётом социально-экономических и междисциплинарных аспектов, обосновывать выбор фотонных решений по эффективности и социальной значимости. Владеть: навыками анализа взаимодействия излучения с веществом, применения лазерных и оптоэлектронных технологий, проектирования оптических систем и их интеграции в различные сферы.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Введение в физическую химию».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических закономерностях протекания химических процессов, термодинамических и кинетических основах химических реакций, а также практических навыков применения физико-химических методов для анализа, синтеза и контроля свойств материалов, используемых в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоёмких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоёмких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: базовые концепции физической химии, экспериментальные методы и современное приборное обеспечение, методологию проведения физико-химических измерений, способы обработки и интерпретации данных, подходы к валидации и статистическому контролю результатов. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоёмких задач на основе физико-химических знаний, разрабатывать технологические требования к методам и средствам измерений в конкретных приложениях, обосновывать выбор экспериментальных подходов и приборного обеспечения. Владеть: навыками проведения физико-химических измерений, обработки и интерпретации экспериментальных данных, валидации и статистического контроля результатов, разработки технологических требований, а также применения физико-химических методов для решения наукоёмких задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Введение в физическую химию» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы дисциплины	Предмет и задачи физической химии. Роль химической термодинамики и кинетики. Связь с общей химией, физикой и материаловедением.
2.	Базовые концепции	Термодинамические системы, параметры состояния. Первое и второе начала термодинамики. Понятие о химическом потенциале. Основы химической кинетики: скорость реакции, закон действующих масс, энергия активации.
3.	Экспериментальные методы физической химии	Калориметрия, методы измерения скорости реакций. Спектроскопические методы (УФ, ИК, Раман). Хроматографические методы анализа.
4.	Современное приборное обеспечение	УФ-видимые и ИК-спектрометры, газовые и жидкостные хроматографы, масс-спектрометры, калориметры. Применение для термодинамических и кинетических исследований.
5.	Методология эксперимента и обработка результатов	Планирование физико-химического эксперимента. Выбор методики и оборудования. Статистическое планирование измерений, оценка погрешностей.
6.	Обработка и интерпретация данных	Расчёт изменений энтальпии, энтропии, энергии Гиббса. Обработка кинетических кривых, определение порядка реакции и константы скорости.

7.	Проведение физико-химических измерений	Определение констант равновесия спектрофотометрическим методом. Исследование скорости реакции методом начальных скоростей. Построение фазовых диаграмм.
8.	Валидация и статистический контроль	Сравнение с литературными данными. Статистические критерии (F-тест, t-тест). Оценка воспроизводимости, прецизионности и правильности результатов.
9.	Современные технологии	Обзор современных вычислительных методов (основы квантово-химического моделирования, ознакомительный уровень). Перспективы применения цифровых технологий и элементов искусственного интеллекта в химической кинетике.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы дисциплины

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи физической химии. Место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и наукоёмкими технологиями. Основные методы физико-химических исследований. Термодинамический и статистический подходы.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Основные понятия химической термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса. Первое, второе и третье начала термодинамики. Термохимия. Закон Гесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Классификация физико-химических методов анализа. Хроматография, масс-спектрометрия. Потенциометрия, кондуктометрия. Принципы выбора метода.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Устройство и принцип работы спектрофотометра, хроматографа, масс-спектрометра. Автоматизация измерений. Цифровая регистрация данных.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Планирование физико-химического эксперимента. Выбор условий измерения. Подготовка проб. Калибровка приборов. Первичная обработка данных.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Графические и аналитические методы обработки. Линеаризация зависимостей. Определение параметров уравнений (констант, коэффициентов). Оценка погрешностей и неопределённостей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Измерение тепловых эффектов (калориметрия). Измерение электропроводности и ЭДС. Измерение pH. Спектральные измерения. Кинетические измерения.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Валидация методик измерений. Статистический контроль качества результатов. Анализ точности и воспроизводимости. Контрольные карты. Оценка неопределённости.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Автоматизация физико-химического эксперимента. Использование компьютерного моделирования. Высокопроизводительный скрининг. Применение роботизированных систем. Искусственный интеллект в обработке данных.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы дисциплины.

Вопросы для обсуждения: Работа с учебной и справочной литературой. Размерности физико-химических величин. Составление таблиц термодинамических данных.

Тема 2: Базовые концепции.

Вопросы для обсуждения: Решение задач на закон Гесса и расчёт тепловых эффектов. Расчёт изменения энтропии и энергии Гиббса. Определение направления процесса.

Тема 3: Экспериментальные методы физической химии.

Вопросы для обсуждения: Выбор метода для конкретной задачи (идентификация вещества, измерение концентрации, определение термодинамических параметров). Обсуждение достоинств и недостатков методов.

Тема 4: Современное приборное обеспечение.

Вопросы для обсуждения: Знакомство с устройством спектрофотометра, хроматографа, рН-метра. Изучение инструкций. Настройка и калибровка приборов.

Тема 5: Методология эксперимента и обработка результатов.

Вопросы для обсуждения: Составление плана эксперимента для заданной задачи. Подготовка проб и растворов. Проведение калибровочного графика.

Тема 6: Обработка и интерпретация данных

Вопросы для обсуждения: Построение калибровочных графиков. Расчёт неизвестных концентраций. Линеаризация зависимостей (метод наименьших квадратов). Оценка погрешностей.

Тема 7: Проведение физико-химических измерений.

Вопросы для обсуждения: Выполнение учебных измерений. Обработка результатов и оформление отчёта.

Тема 8: Валидация и статистический контроль.

Вопросы для обсуждения: Расчёт среднего, дисперсии, стандартного отклонения. Построение контрольной карты. Анализ результатов на предмет выбросов.

Тема 9: Современные технологии.

Вопросы для обсуждения: Работа с компьютерными программами для обработки спектральных данных. Использование симуляторов физико-химических экспериментов. Обсуждение современных публикаций.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы дисциплины. Базовые концепции. Экспериментальные методы физической химии. Современное приборное обеспечение. Методология эксперимента и обработка результатов. Обработка и интерпретация данных. Проведение физико-химических измерений. Валидация и статистический контроль. Современные технологии.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт тепловых эффектов и энергии Гиббса. Обработка калибровочных графиков. Расчёт концентраций по спектрофотометрическим данным. Построение контрольных карт и

оценка погрешностей. Подготовка проб и проведение расчётов по результатам рН-метрии и кондуктометрии.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термодинамические законы и расчёты. Физико-химические методы анализа. Устройство и принцип работы приборов. Оценка неопределённости измерений. Статистическая обработка результатов. Валидация методик.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы дисциплины	ПК-2	Тестирование
Базовые концепции	ПК-2	Тестирование

Экспериментальные методы физической химии	ПК-2	Тестирование
Современное приборное обеспечение	ПК-2	Тестирование
Методология эксперимента и обработка результатов	ПК-2	Тестирование
Обработка и интерпретация данных	ПК-2	Тестирование
Проведение физико-химических измерений	ПК-2	Тестирование
Валидация и статистический контроль	ПК-2	Тестирование
Современные технологии	ПК-2	Тестирование
Комплексное применение	ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

- Что является предметом физической химии?**
 - Только химические реакции органических веществ
 - Химические явления и процессы с точки зрения их физической сущности
 - Строение атомного ядра
 - Механические свойства материалов
- Какая из задач не относится к физической химии?**
 - Изучение скоростей химических реакций
 - Изучение тепловых эффектов реакций
 - Синтез новых органических соединений
 - Исследование условий химического равновесия
- Какой раздел физической химии изучает превращения энергии в химических процессах?**
 - Химическая кинетика
 - Химическая термодинамика
 - Электрохимия
 - Коллоидная химия
- Химическая кинетика изучает:**
 - Скорости и механизмы химических реакций
 - Тепловые эффекты реакций
 - Равновесие в гетерогенных системах
 - Электропроводность растворов
- С какой наукой физическая химия имеет наиболее тесную связь?**
 - Биология
 - Геология
 - Физика
 - Астрономия
- Что изучает химическая термодинамика?**
 - Строение молекул

- б) Энергетику и направление химических процессов
 - в) Скорость протекания реакции
 - г) Каталитические явления
7. Для чего нужны знания физической химии в материаловедении?
- а) Для прогнозирования свойств материалов и условий их синтеза
 - б) Только для расчёта массы образца
 - в) Для изучения микроструктуры
 - г) Только для контроля размеров
8. Какой метод НЕ относится к физико-химическим методам анализа?
- а) Спектрофотометрия
 - б) Потенциометрия
 - в) Титриметрия (объёмный анализ)
 - г) Хроматография
9. Что изучает химическая термодинамика?
- а) Только экзотермические реакции
 - б) Энергетику и направление химических процессов
 - в) Скорость протекания реакции
 - г) Каталитические явления
10. Какой закон лежит в основе термохимии?
- а) Закон Авогадро
 - б) Закон Гесса
 - в) Закон Фарадея
 - г) Правило фаз Гиббса
11. Что позволяет предсказать знак изменения энергии Гиббса (ΔG) в химической реакции?
- а) Скорость реакции
 - б) Направление самопроизвольного протекания
 - в) Тепловой эффект
 - г) Механизм реакции
12. Какое понятие в физической химии характеризует меру неупорядоченности системы?
- а) Энтальпия
 - б) Энергия Гиббса
 - в) Энтропия
 - г) Теплоёмкость
13. Почему физическую химию называют теоретической основой химической технологии?
- а) Она позволяет рассчитывать оптимальные условия процессов
 - б) Она описывает только лабораторные реакции
 - в) Она не связана с производством
 - г) Она изучает только строение веществ
14. Какой из разделов физической химии изучает поверхностные явления и дисперсные системы?
- а) Электрохимия

- б) Коллоидная химия
- в) Фотохимия
- г) Радиохимия

15. Что такое «физико-химический анализ» по Курнакову?

- а) Изучение зависимости свойств системы от её состава
- б) Определение элементного состава
- в) Измерение температуры
- г) Качественный анализ смеси

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Предмет, задачи и место физической химии в системе естественных наук. Связь с физикой, химией и материаловедением.
2. Основные понятия химической термодинамики: система, фаза, компонент, термодинамические параметры. Классификация систем.
3. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Физический смысл и связь между ними.
4. Первое начало термодинамики. Тепловые эффекты химических реакций.
5. Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния. Критерии направления самопроизвольных процессов.
6. Третье начало термодинамики. Абсолютная энтропия. Невозможность достижения абсолютного нуля температур.
7. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа химического равновесия. Изотерма химической реакции.
8. Зависимость константы равновесия от температуры.
9. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость. Закон действующих масс для элементарных реакций. Порядок и молекулярность.
10. Кинетические уравнения реакций нулевого, первого, второго порядков. Период полупревращения. Энергия активации.
11. Классификация физико-химических методов анализа (спектральные, электрохимические, хроматографические, термические). Принципы выбора метода.
12. Спектрофотометрия и фотоколориметрия. Применение для количественного анализа.
13. Потенциометрия. Определение pH. Ионоселективные электроды.

14. Кондуктометрия. Электропроводность растворов электролитов. Применение для анализа солей и кислот.
15. Хроматография (газовая, жидкостная, тонкослойная). Принцип разделения. Качественный и количественный анализ.
16. Устройство и принцип работы спектрофотометра, рН-метра, кондуктометра. Автоматизация измерений.
17. Планирование физико-химического эксперимента. Калибровка приборов. Подготовка проб. Оценка погрешностей измерений.
18. Статистическая обработка результатов. Среднее арифметическое, дисперсия, стандартное отклонение. Построение калибровочного графика (метод наименьших квадратов).
19. Валидация методик физико-химического анализа. Параметры валидации (специфичность, линейность, точность, прецизионность). Контрольные карты.
20. Современные тенденции: автоматизация эксперимента, использование компьютерного моделирования, искусственный интеллект в обработке спектральных данных.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более	Включает нижестоящий уровень. Способность	хорошо		71-85

	широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворяющий (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Бажин, Н. М. Начала физической химии: учебное пособие / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. — Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-16-009055-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=371882>
2. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. — 7-е изд., электрон. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 410 с. — ISBN 978-5-906828-87-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97412>

Дополнительная литература:

1. Афанасьев, Б. Н. Физическая химия: учебное пособие / Б. Н. Афанасьев, Ю. П. Акулова. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1380-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4312>
2. Борисов, И. М. Введение в физическую химию: учебник / И. М. Борисов. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 216 с. — ISBN 978-5-507-46841-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/334491>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы физики лазеров».

Цель изучения дисциплины: формирование фундаментальных знаний о физических принципах генерации, усиления и распространения лазерного излучения, устройстве и режимах работы основных типов лазеров, а также о современных лазерных технологиях и технологических процессах с применением лазеров, необходимых для решения профессиональных задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов.	Знать: теорию излучения и поглощения, принципы работы лазеров, их основные типы, режимы работы и современные лазерные системы, применяемые в технологиях. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий с использованием лазеров, обосновывать выбор типа лазера и режима его работы для конкретных приложений. Владеть: навыками анализа работы лазерных систем, выбора оптимальных лазерных решений для технологических задач и применения лазерных технологий в различных процессах.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы физики лазеров» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной

аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение.	История развития квантовой электроники, пути ее становления, современное состояние и пути дальнейшего совершенствования.
2.	Полуклассическая теория излучения и поглощения.	Постулаты Эйнштейна. Понятие индуцированных переходов. Коэффициенты Эйнштейна и связь между ними. Формула Планка.
3.	Основы квантовой теории излучения и поглощения	Двухуровневая система. Матрица плотности. Уравнение Шредингера. Квантование фотонного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Понятие разности населенностей. Связи элементов матрицы плотности с дипольным моментом, макроскопической поляризацией и разностью населенностей.
4.	Открытые резонаторы	Роль резонаторов. Переход к коротким волнам. Прореживание спектра в открытых резонаторах. Число Френеля. Продольные и поперечные моды. Типы открытых резонаторов. Понятие устойчивости. Неустойчивые резонаторы.
5.	Общая теория квантовых генераторов.	Волновой и квантовый аспекты теории. Макроскопическая поляризация и дипольный момент. Волновое уравнение. Представление поля в виде скалярного потенциала. Квантовые уравнения для матрицы плотности. Одномодовое приближение. Полная система уравнений. Укороченные уравнения. Условие самовозбуждения. Стационарная генерация
6.	Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов	Атомарные газовые лазеры. Молекулярные газовые лазеры. Химические лазеры. Твердотельные лазеры. Лазеры на красителях. Модуляция добротности. Синхронизация мод. Перестройка частоты. Техника сверхкоротких импульсов и ее применение.
7.	Современные	Полупроводниковые лазеры, твердотельные

	инновационные лазерные системы	лазеры с диодной накачкой. Чип-лазеры. Кольцевые лазеры. Лазеры на микросферах. Гибридные твердотельные лазеры. Дисковые лазеры. Волоконные лазеры. Режимы работы лазеров с полупроводниковой накачкой.
8.	Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров	Лазеры как источники мощного и монохроматического излучения. Физические процессы, сопровождающие применение технологических лазеров. Технологические процессы с использованием лазеров: сварка, резка, обработка поверхностей. Научно-технологическое и медицинское применение.
9.	Типы технологических лазеров.	Твердотельные технологические лазеры. CO ₂ лазеры различных типов. Эксимерные и полупроводниковые лазеры. Характеристики технологических лазеров. Достоинства и недостатки технологических лазеров. Области применения в современных технологиях.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение.

Вопросы для обсуждения: История развития лазерной физики. Основные области применения лазеров в науке, технике и медицине. Спектр электромагнитного излучения и место лазерного излучения. Принципиальное отличие лазерного излучения от теплового. Понятие когерентности и монохроматичности.

Тема 2: Полуклассическая теория излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Взаимодействие электромагнитного поля с двухуровневой системой. Эйнштейновские коэффициенты спонтанного, вынужденного излучения и поглощения.

Тема 3: Основы квантовой теории излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Квантование электромагнитного поля. Понятие фотона. Операторы рождения и уничтожения. Когерентные состояния. Вероятность переходов под действием излучения. Правила отбора.

Тема 4: Открытые резонаторы

Вопросы для обсуждения: Понятие открытого резонатора. Устойчивые и неустойчивые резонаторы. Структура мод в резонаторе. Дифракционные потери. Добротность резонатора.

Тема 5: Общая теория квантовых генераторов.

Вопросы для обсуждения: Условие генерации лазера. Инверсия населённости. Методы создания инверсии. Уравнения баланса. Стационарная генерация. Влияние параметров резонатора и активной среды на мощность и частоту излучения.

Тема 6: Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения: Газовые лазеры. Твердотельные лазеры. Полупроводниковые лазеры. Жидкостные лазеры. Режимы работы: непрерывный, импульсный, модуляция добротности, синхронизация мод. Генерация сверхкоротких импульсов.

Тема 7: Современные инновационные лазерные системы

Вопросы для обсуждения: Волоконные лазеры. Дисковые лазеры. Лазеры на свободных электронах. Лазеры с перестраиваемой длиной волны. Лазеры для систем связи. Лазеры для лазерного термоядерного синтеза.

Тема 8: Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров

Вопросы для обсуждения: Лазерная резка, сварка, маркировка, гравировка. Лазерная абляция и очистка поверхностей. Аддитивные технологии с применением лазеров. Лазерная литография.

Тема 9: Типы технологических лазеров.

Вопросы для обсуждения: Газовые технологические лазеры. Волоконные технологические лазеры. Полупроводниковые лазерные диоды для технологических целей. Сравнение эффективности и областей применения.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение.

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии кванта, частота и длина волны для заданных лазерных переходов. Определение отношения спонтанного и вынужденного излучения для типичных условий работы лазера. Оценка когерентности лазерного излучения.

Тема 2: Полуклассическая теория излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Решение уравнений для населённостей двухуровневой системы. Расчёт коэффициента поглощения и усиления. Оценка времени жизни возбуждённого состояния по ширине спектральной линии. Расчёт коэффициентов Эйнштейна по экспериментальным данным.

Тема 3: Основы квантовой теории излучения и поглощения

Вопросы для обсуждения: Расчёт вероятности переходов под действием излучения. Анализ правил отбора для конкретных квантовых систем. Вычисление сечений поглощения и вынужденного излучения. Применение формализма матрицы плотности.

Тема 4: Открытые резонаторы

Вопросы для обсуждения: Определение устойчивости резонатора по его параметрам. Расчёт частот продольных и поперечных мод. Вычисление дифракционных потерь. Оценка добротности резонатора. Расчёт расходимости лазерного пучка и размера пятна в перетяжке.

Тема 5: Общая теория квантовых генераторов.

Вопросы для обсуждения: Расчёт пороговой инверсии и пороговой мощности накачки. Решение уравнений баланса для непрерывного и импульсного режимов. Оптимизация коэффициента связи. Расчёт выходной мощности.

Тема 6: Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов

Вопросы для обсуждения: Расчёт длительности импульса при синхронизации мод. Определение энергии и пиковой мощности в импульсе. Сравнение параметров различных типов лазеров.

Тема 7: Современные инновационные лазерные системы

Вопросы для обсуждения: Анализ параметров волоконных лазеров. Оценка энергии в фемтосекундном импульсе. Расчёт ширины спектра для ультракоротких импульсов. Сравнение дисковых и волоконных лазеров. Обсуждение перспектив лазеров на свободных электронах.

Тема 8: Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров

Вопросы для обсуждения: Расчёт глубины проплавления при лазерной сварке. Определение скорости резки в зависимости от мощности и толщины материала. Оценка зоны термического влияния.

Тема 9: Типы технологических лазеров.

Вопросы для обсуждения: Выбор типа технологического лазера для конкретной операции. Сравнение CO₂ и волоконных лазеров по эффективности и качеству обработки. Расчёт

экономической эффективности внедрения лазерного оборудования.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение. Полуклассическая теория излучения и поглощения. Основы квантовой теории излучения и поглощения. Открытые резонаторы. Общая теория квантовых генераторов. Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов. Современные инновационные лазерные системы. Лазерные технологии. Типы технологических лазеров.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт энергии кванта и длины волны лазерного перехода. Определение отношения спонтанного и вынужденного излучения. Решение уравнений населённостей двухуровневой системы. Расчёт коэффициентов Эйнштейна. Оценка времени жизни по ширине линии. Определение устойчивости резонатора. Расчёт частот мод и дифракционных потерь. Расчёт пороговой инверсии и выходной мощности лазера. Сравнение параметров различных типов лазеров.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Принцип работы лазера. Открытые резонаторы, устойчивость, моды. Условие генерации, инверсия населённостей. Методы накачки. Типы лазеров: газовые, твердотельные, полупроводниковые, волоконные. Лазерные технологии: резка, сварка, маркировка, аддитивные технологии. Критерии выбора технологического лазера.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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.	ПК-1.1	Контрольная работа
Полуклассическая теория излучения и поглощения.	ПК-1.1	Контрольная работа
Основы квантовой теории излучения и поглощения	ПК-1.1	Контрольная работа
Открытые резонаторы	ПК-1.1	Контрольная работа
Общая теория квантовых генераторов.	ПК-1.1	Контрольная работа
Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов	ПК-1.1	Контрольная работа
Современные инновационные лазерные системы	ПК-1.1	Контрольная работа
Лазерные технологии. Технологические процессы с применением лазеров	ПК-1.1	Контрольная работа
Типы технологических лазеров.	ПК-1.1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Типовые задания контрольных работ:

По теме «Полуклассическая теория излучения и поглощения»

1. В чем отличия между спонтанным и вынужденным излучением?
2. Определить энергию излучения фотона при переходе $4 \rightarrow 3$, если известны частота поглощения ν_{14} и частота излучения ν_{13} .
3. Вычислить время жизни спонтанного излучения для длины волны $\lambda = 6328 \text{ \AA}$, если известно, что вероятность вынужденного излучения

По теме «Открытые резонаторы»

1. Что такое открытый резонатор?
2. Резонатор He–Ne – лазера состоящего из двух зеркал с отражающими поверхностями $R_1 = 99,8 \%$ и $R_2 = 16 \%$ имеет длину $L = 15 \text{ см}$. Определить время жизни фотонов в таком резонаторе, если относительные внутренние потери за один проход $T_i \approx 0$
3. Активный элемент YAG:Nd³⁺ – лазера представляется в виде однородного цилиндрического стержня диаметром 6,3 мм, длиной 100 мм. Определить число мод, имеющих длины волн в пределах полосы шириной $\Delta\lambda = 100 \text{ \AA}$ с центром в точке $\lambda = 1,064 \text{ мкм}$

По теме «Основные типы лазеров и режимы работы квантовых генераторов»

1. Запишите частоты и длины волн следующих спектральных областей: 1) инфракрасная, 2) видимый свет, 3) ультрафиолетовая, 4) рентгеновские лучи
2. Двухуровневая система атомов излучает энергию с длиной волны, соответствующей фиолетовому диапазону ($\lambda = 427$ нм). Каково отношение населенностей этих уровней при комнатной температуре, если газ находится в термодинамическом равновесном состоянии?
3. Активный элемент рубинового лазера на кристалле $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}^{3+}$ имеет диаметр 1 см и длину 300 мм. Вычислить скорость накачки W_p , если выходная мощность лазера $P = 100$ мВт на длине волны $\lambda = 0,6943$ мкм. Концентрация ионов Cr^{3+} в Al_2O_3 составляет 0,05 вес. % $N_g = 10^{19}$ см $^{-3}$, КПД накачки $\eta = 3$ %

По теме «Современные инновационные лазерные системы»

1. Зная расстояние между вращательными компонентами линии усиления $2B = 1$ см $^{-1}$, вычислить максимальное квантовое число при температуре 450 К. (Указание $J_{\max} = [kT/(2B)]^{1/2} - 1/2$)
2. Квантовый выход перехода $S_1 \rightarrow S_0$ в красителе родамине 6G равен 0,87, а соответствующее время жизни $\tau \approx 5$ нс. Вычислить спонтанное $\tau_{\text{спонт}}$ и безызлучательное $\tau_{\text{безызл}}$ время жизни уровня S_1

По теме «Типы технологических лазеров»

1. Определить мощность и энергию импульсов излучения N_2 -лазера при длительности $\tau = 10^{-8}$ с, необходимые для достижения плотности мощности излучения в фокусе $q = 10$ Вт/см ^{2} , если расходимость пучка 1 мрад, а фокусное расстояние оптической системы 3 см
2. Построить рабочее поле в сканирующей системе по значениям допустимых отклонений $\Delta = 200$ мкм размера фокального пятна $d = 50$ мкм в плоскости обработки для $\text{YAG}:\text{Nd}$ -лазера. Фокусное расстояние оптической системы 60 см, расстояние от центра зеркала до обрабатываемой поверхности – 50 см.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Уравнения Максвелла. Плоская электромагнитная волна, ее параметры;
2. Спектральные характеристики излучающих систем. Лоренцева форма линии;
3. Уширение спектральных линий. Гауссова форма линии;
4. Когерентные многофотонные процессы. Законы сохранения в когерентных процессах;
5. Свет как фотонный коллектив. Свойства фотонов. Разложение поля на осцилляторы;
6. Квантование фотонного поля. Операторы рождения и уничтожения фотонов;
7. Факторы, определяющие когерентность электромагнитных волн. Пространственная и временная когерентность, Опыты Майкельсона и Юнга;
8. Типы открытых резонаторов. Когерентность фотонов. Функция когерентности. Интерференция одного фотона;
9. Трехуровневая система генерации. Кинетические уравнения. Основные особенности. Рубиновый лазер;
10. Понятие температуры в квантовых системах. Отрицательная температура и инверсия населенностей;
11. Донорно-акцепторная система создания инверсии населенностей в газовых лазерах. Атомарные лазеры;
12. Четырехуровневая система генерации. Кинетические уравнения и особенности. Неодимовый лазер;
13. Кинетические уравнения ионных лазеров. Аргоновый и гелий-кадмиевый лазеры;
14. Методы создания инверсии населенностей в молекулярных лазерах. Сравнительные характеристики;
15. Классификация лазеров. Лазерные технологии.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворяет	Репродуктивная	Изложение в пределах задач курса	удовлетворительно		55-70

ельны й (достат очный)	деятельность	теоретически и практически контролируемого материала	о		
Недост аточн ый	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие: учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 304 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/330503>

Дополнительная литература:

1. Лазерные технологии: учебное пособие. — Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2020. — 240 с. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/216536>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий

используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Взаимодействие излучения с веществом».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических механизмах взаимодействия электромагнитного излучения с конденсированными средами, а также практических компетенций по анализу тепловых, термохимических, термомеханических и фазовых процессов, возникающих под действием излучения, для решения прикладных задач в области лазерных технологий и наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов.	Знать: оптические свойства сред, механизмы поглощения, тепловые, термохимические и термомеханические эффекты лазерного воздействия, фазовые переходы, взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий лазерной обработки, прогнозировать результаты воздействия и обосновывать выбор режимов облучения. Владеть: навыками анализа процессов взаимодействия излучения с веществом, расчёта тепловых и механических эффектов, выбора параметров лазерного воздействия для решения технологических задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Взаимодействие излучения с веществом» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной

аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред	Уравнения Максвелла. Граничные условия для электромагнитного поля. Уравнение для комплексной амплитуды поля в токопроводящей среде. Решения уравнения для комплексной амплитуды поля в прозрачном диэлектрике и токопроводящей среде. Поглощение электромагнитной волны в металле. Скин-слой. Отражение электромагнитной волны от поверхности металла. Модель Друде и ограничения ее применимости. Частотные зависимости оптических свойств металла. Температурная зависимость поглощательной способности металла. Экспериментальные методы определения оптических свойств металлов.
2.	Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках	Механизмы поглощения излучения в полупроводниках. Межзонное поглощение и его виды. Поглощение свободными носителями. Процессы рекомбинации. Кинетика возбуждения полупроводника лазерным излучением. Насыщение межзонного поглощения. Фотоиндуцированный эффект Дембера. Экспериментальные методы исследования динамики фотовозбуждения полупроводников лазерными импульсами.
3.	Нагрев материалов лазерным излучением	Характеристики лазерного нагрева. Уравнение теплопроводности, граничные условия и методы решения. Нагрев полупространства источником с экспоненциальным спадом интенсивности, источником сферической формы. Общая характеристика основных линейных режимов лазерного нагрева. Лазерный нагрев в условиях изменения поглощательной способности материала. Экспериментальные методы исследования лазерного нагрева
4.	Термохимическое действие лазерного	Характеристики термохимического действия лазерного излучения. Лазерное окисление металлов в

	излучения	воздухе. Лазерный нагрев окисляющихся металлов в условиях изменения поглощательной способности. Экзотермические эффекты при лазерном нагреве окисляющихся металлов. Химические механизмы разрушения поверхности
5.	Термомеханическое действие лазерного излучения	Возникновение механических напряжений при лазерном нагреве. Напряженное состояние металла при лазерном нагреве. Лазерное термораскалывание. Разрушение остаточными напряжениями. Экспериментальные методы исследования термоупругих деформаций, инициированных лазерным нагревом.
6.	Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве	Фазовые переходы в твердом состоянии при лазерном нагреве. Фазовые переходы в железоуглеродистых сплавах при лазерном нагреве. Оценка глубины закаленного слоя при импульсном лазерном нагреве. Плавление материалов в квазистационарных условиях при однородном нагреве. Плавление при неоднородном нагреве. Экспериментальные результаты исследования температурной динамики при лазерном плавлении. Модели плавления. Гидродинамические процессы в расплаве при лазерном микроструктурировании материала
7.	Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении	Экспериментальные результаты по лазерному формированию упорядоченных поверхностных микроструктур. Характеристики поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ) оптического диапазона. Дисперсионные соотношения и условия существования ПЭВ. Методы возбуждения ПЭВ оптического диапазона. Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном воздействии. Тепловые процессы, приводящие к формированию поверхностных периодических структур. Экспериментальные методы исследования процессов формирования поверхностных периодических структур
8.	Испарительные механизмы лазерного разрушения	Характеристики испарительных процессов лазерного разрушения. Обратная конденсация атомов при лазерном испарении. Задача о лазерном нагреве с испарением. Экспериментальное исследование перехода от нормального испарения к фазовому взрыву. Вынос расплава под воздействием давления отдачи паров. Лазерная абляция под слоем жидкости. Экспериментальная методика определения порога абляции и радиуса гауссова пучка.
9.	Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами	Характеристики взаимодействия сверхкоротких лазерных импульсов с металлами. Двухтемпературная модель при сверхкоротком лазерном воздействии на металлы. Методы молекулярной динамики при моделировании сверхбыстрого лазерного воздействия на металлы. Особенности сверхкороткого лазерного

		воздействия на диэлектрики и полупроводники Объемная модификация прозрачных материалов. Экспериментальные методы исследования динамики инициированных воздействием сверхкороткого лазерного импульса процессов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред

Вопросы для обсуждения: Комплексная диэлектрическая проницаемость. Комплексный показатель преломления. Прозрачность диэлектриков. Отражение и поглощение в металлах. Примесное поглощение. Поглощение свободными электронами.

Тема 2: Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках

Вопросы для обсуждения: Край фундаментального поглощения. Прямые и не прямые переходы. Ширина запрещенной зоны. Примесное поглощение (доноры, акцепторы). Поглощение свободными носителями. Экситонное поглощение.

Тема 3: Нагрев материалов лазерным излучением

Вопросы для обсуждения: Уравнение теплопроводности. Длина теплопроводности. Время нагрева. Стационарное и нестационарное температурное поле. Порог плавления. Порог испарения.

Тема 4: Термохимическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Лазерное окисление. Лазерный пиролиз. Термическое разложение. Лазерно-индуцированное осаждение. Лазерное легирование. Уравнение Аррениуса. Скорость химической реакции.

Тема 5: Термомеханическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Термоупругие напряжения. Тепловое расширение. Градиент температуры. Термический удар. Ударная волна. Термические трещины. Предел прочности. Отслаивание покрытий.

Тема 6: Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве

Вопросы для обсуждения: Температура плавления. Жидкофазная ванна. Фронт плавления. Скорость плавления. Аморфизация. Метастабильные фазы. Переплавление поверхности. Лазерная сварка. Лазерная наплавка.

Тема 7: Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении

Вопросы для обсуждения: Поверхностный плазмон-поляритон. Интерференция падающей и поверхностной волны. Период структур. Ориентация структур (поляризация). Низкопространственные и высокопространственные структуры.

Тема 8: Испарительные механизмы лазерного разрушения

Вопросы для обсуждения: Температура кипения. Давление насыщенного пара. Лазерная абляция. Удаление расплава. Фазовый взрыв. Объемное вскипание.

Тема 9: Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами

Вопросы для обсуждения: Электрон-фононная релаксация. Нагрев электронной подсистемы. Холодная решетка. Термализация. Зона термического влияния. Сверхточная обработка. Эффект накопления. Объемная обработка прозрачных материалов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред

Вопросы для обсуждения: Уравнение для комплексной амплитуды поля в токопроводящей среде. Решения уравнения для комплексной амплитуды поля в прозрачной диэлектрике и токопроводящей среде. Поглощение электромагнитной волны в металле. Скин-слой. Отражение электромагнитной волны от поверхности металла. Модель Друде и ограничения ее применимости. Частотные зависимости оптических свойств металла.

Тема 2: Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках

Вопросы для обсуждения: Кинетика возбуждения полупроводника лазерным излучением. Насыщение межзонного поглощения. Фотоиндуцированный эффект Дембера.

Тема 3: Нагрев материалов лазерным излучением

Вопросы для обсуждения: Уравнение теплопроводности, граничные условия и методы решения. Нагрев полупространства источником с экспоненциальным спадом интенсивности, источником сферической формы.

Тема 4: Термохимическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Экзотермические эффекты при лазерном нагреве окисляющихся металлов.

Тема 5: Термомеханическое действие лазерного излучения

Вопросы для обсуждения: Разрушение остаточными напряжениями.

Тема 6: Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве

Вопросы для обсуждения: Плавление материалов в квазистационарных условиях при однородном нагреве. Плавление при неоднородном нагреве. Экспериментальные результаты исследования температурной динамики при лазерном плавлении. Модели плавления.

Тема 7: Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении

Вопросы для обсуждения: Дисперсионные соотношения и условия существования ПЭВ. Методы возбуждения ПЭВ оптического диапазона. Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном воздействии. Тепловые процессы, приводящие к формированию поверхностных периодических структур.

Тема 8: Испарительные механизмы лазерного разрушения

Вопросы для обсуждения: Задача о лазерном нагреве с испарением.

Тема 9: Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами

Вопросы для обсуждения: Двухтемпературная модель при сверхкоротком лазерном воздействии на металлы. Методы молекулярной динамики при моделировании сверхбыстрого лазерного воздействия на металлы.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред. Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках. Нагрев материалов лазерным излучением. Термохимическое действие лазерного излучения. Термомеханическое действие лазерного излучения. Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве. Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении. Испарительные механизмы лазерного разрушения. Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред. Поглощение электромагнитного излучения

в полупроводниках. Нагрев материалов лазерным излучением. Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве. Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении. Испарительные механизмы лазерного разрушения

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Оптические свойства диэлектриков, металлов, полупроводников (комплексная диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, коэффициент поглощения). Межзонное, примесное, экситонное поглощение. Ширина запрещённой зоны. Край фундаментального поглощения. Уравнение теплопроводности. Температурные пороги плавления и испарения. Длина теплопроводности. Лазерная абляция. Фазовый взрыв. Порог абляции.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции	Оценочные средства по этапам формирования компетенций

	(или ее части)	текущий контроль по дисциплине
Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред	ПК-1.1	Опрос, контрольная работа
Поглощение электромагнитного излучения в полупроводниках	ПК-1.1	Опрос
Нагрев материалов лазерным излучением	ПК-1.1	Опрос, контрольная работа
Термохимическое действие лазерного излучения	ПК-1.1	Опрос
Термомеханическое действие лазерного излучения	ПК-1.1	Опрос
Фазовые переходы в твердом состоянии и плавление при лазерном нагреве	ПК-1.1	Опрос, контрольная работа
Поляритонный механизм формирования поверхностных периодических структур при лазерном облучении	ПК-1.1	Опрос, контрольная работа
Испарительные механизмы лазерного разрушения	ПК-1.1	Опрос, контрольная работа
Взаимодействие сверхкоротких лазерных импульсов с конденсированными системами	ПК-1.1	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред»

1. В общем случае диэлектрическая постоянная связана с показателем преломления формулой

$$\varepsilon = n^2.$$

Докажите, что, если величины ε_R и ε_I – соответственно вещественная и мнимая части диэлектрической проницаемости среды, то

$$n_R = \sqrt{\frac{\varepsilon_R + \sqrt{\varepsilon_R^2 + \varepsilon_I^2}}{2}}, \quad n_I = \sqrt{\frac{-\varepsilon_R + \sqrt{\varepsilon_R^2 + \varepsilon_I^2}}{2}}.$$

Найдите соответствующие значения величин через величину ε_I для случая достаточно большой частоты, при которой имеет место равенство $\varepsilon_R = \varepsilon_I$.

2. Покажите, что для случая почти прозрачной среды коэффициент поглощения связан с удельной электропроводностью и показателем преломления вещества зависимостью:

$$\alpha = \frac{(377 \, \Omega) \sigma}{n_R}.$$

3. Постройте график зависимости вещественной и мнимой частей показателя преломления для диэлектрика с известными коэффициентом трения γ , резонансной частотой ω_0 и плотностью диполей N .
4. В предположении, что алюминий имеет 1 свободный электрон на атом и статическую электропроводность $3,54 \cdot 10^7$ 1/(Ом·м), определите: 1) коэффициент «трения» γ ; 2) плазменную частоту ω_p ; в) вещественную и мнимую части показателя преломления на длине волны 550 нм.
5. Сравните глубину скин-эффекта для: а) алюминия с удельной проводимостью $3,54 \cdot 10^7$ 1/(Ом·м); морской воды с удельной проводимостью $4,3$ 1/(Ом·м) для радиоволн частотой 60 кГц.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Каков механизм поглощения света в металлах?
2. Какие зависимости называются дисперсионными?
3. Что называют скин-эффектом и скин-слоем в металле при воздействии электромагнитного излучения?
4. Почему основное действие на электроны в металле оказывает электрическое, а не магнитное поле электромагнитной волны?
5. Назовите оптические характеристики, наиболее важные для анализа теплового действия лазерного излучения на металлы, и что они определяют?
6. Какие характеристики среды связывает формула Друде?
7. Чем объясняется наличие либо отсутствие цвета у металлов?
8. Чем обусловлено возникновение аномального скин-эффекта?
9. Почему для металлов характерна линейная зависимость поглощательной способности от температуры?
10. Как изменяется механизм активации термохимической реакции в зависимости от интенсивности лазерного потока?
11. Перечислите основные механизмы поглощения света в полупроводниках.
12. Какие виды оптических переходов в полупроводниках вы знаете?
13. Перечислите основные механизмы рекомбинации электрон-дырочных пар в полупроводниках.
14. Каков механизм возникновения диффузии при фотовозбуждении полупроводника лазерным излучением?
15. Какова физическая природа эффекта насыщения межзонного поглощения?
16. В чем заключается физическая природа фотоиндуцированного эффекта Дембера?
17. Набором каких параметров будет определяться результат теплового действия лазерного излучения на материал?
18. В каких формах могут быть заданы граничные условия для уравнения теплопроводности?
19. Назовите два основных метода, которые широко используются для решения уравнения теплопроводности.

20. Соотношением каких параметров, имеющих размерность длины, определяется характер теплового действия лазерного излучения?
21. Чем определяется характерное время остывания полупространства после нагрева поверхностным источником при одномерном теплоотводе?
22. По какому закону развивается нагрев металла в задаче с одномерным теплоотводом в условиях линейной зависимости поглощательной способности от температуры?
23. Какие экспериментальные методы исследования лазерного нагрева вы знаете?
24. В чем заключается основная идея исследования динамики фотовозбуждения полупроводника наносекундными лазерными импульсами оптическими методами?
25. Что характерно для физико-химических процессов аррениусовского типа?
26. Перечислите основные стадии окисления металлов на воздухе. Назовите наиболее медленную из них, лимитирующую скорость окисления.
27. В чем заключается главная особенность лазерного окисления по сравнению с традиционным?
28. Обоснуйте правомочность замены неизотермической реакции окисления изотермической реакцией, идущей при максимальной температуре в течение некоторого времени.
29. Что является следствием сильной аррениусовской зависимости толщины лазерного окисла от максимальной температуры поверхности?
30. Объясните качественную зависимость динамики поглощательной способности и лазерного нагрева поверхности металла в условиях формирования сильно поглощающего окисла.
31. Почему может осциллировать темп нагрева окисляющегося металла лазерным излучением?
32. Приведите примеры химического механизма разрушения поверхности материалов при лазерном воздействии.
33. Почему возникают механические напряжения при лазерном нагреве?
34. В результате чего формируются трещины при нагреве области сканирующим лазерным пучком?
35. Какая компонента тензора упругих напряжений отвечает за разрушение материала при нагреве свободной тонкой пластины осесимметричным лазерным пучком?
36. Что является основной причиной возникновения остаточных напряжений в материале после лазерной обработки?
37. В чем заключается основная идея экспериментального метода исследования термоупругих деформаций поверхности, инициированных лазерным нагревом?
38. В чем заключаются особенности фазовых переходов в твердом состоянии при лазерном нагреве?
39. Перечислите особенности лазерной закалки.

40. Как оценить глубину закаленного слоя при импульсном лазерном нагреве?
41. Опишите основные закономерности процесса плавления материалов в квазистационарных условиях при однородном нагреве.
42. Что представляет собой задача Стефана?
43. В чем заключается суть вакансионной модели плавления?
44. Назовите причины, приводящие к возмущению поверхности расплава.
45. Перечислите основные закономерности процесса формирования поверхностных периодических структур.
46. Чем поверхностная электромагнитная волна отличается от объемной? 3. Назовите условия существования ПЭВ.
47. В какой среде (металле или диэлектрике) ПЭВ будет затухать сильнее и почему?
48. Какие существуют методы возбуждения ПЭВ оптического диапазона?
49. В чем заключается поляритонный механизм лазерного микроструктурирования поверхности?
50. Какие тепловые процессы могут приводить к формированию поверхностного периодического рельефа?
51. В чем заключается суть рефлексометрического метода измерения параметров периодического рельефа?
52. Назовите механизмы испарительного разрушения материалов.
53. Чему равна скорость испарения плоской поверхности, нагретой до некоторой температуры, в вакуум?
54. Каким образом происходит обратная конденсация атомов при лазерном испарении?
55. Чем объясняется насыщение зависимости испаренной массы от плотности энергии в режиме нормального испарения?
56. Что представляет собой процесс фазового взрыва, и как его можно визуализировать в эксперименте?
57. Каким образом формируется давление отдачи паров, и как оно влияет на качество лазерной обработки?
58. Назовите стадии процесса наносекундной лазерной абляции под слоем жидкости.
59. Как экспериментально определить радиус гауссова пучка и порог абляции?
60. Что является одной из основных особенностей взаимодействия сверхкоротких лазерных импульсов с металлами?
61. Что представляет собой двухтемпературная модель?
62. Чем определяется стадия остывания после воздействия сверхкоротких лазерных импульсов?
63. В чем заключается суть метода классической молекулярной динамики?
64. Что такое гомогенное и гетерогенное плавление?
65. Назовите два основных механизма абляции при воздействии сверхкоротких лазерных импульсов.

66. Благодаря чему возможна объемная модификация прозрачных материалов под действием сверхкоротких лазерных импульсов?

67. В чем заключается идея метода «накачка-зондирование»?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать	хорошо		71-85

		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. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие: учебное пособие для вузов / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-507-46122-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/330503>

Дополнительная литература:

1. Пойзнер, Б. Н. Физические основы лазерной техники: учебное пособие / Б. Н. Пойзнер; Национальный исследовательский Томский государственный университет. — 2-е изд., доп. — Москва: ИНФРА-М, 2025. — 160 с. — (Высшее образование: Магистратура). — ISBN 978-5-16-012817-7. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=448890>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;

–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы оптоэлектроники».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах функционирования оптоэлектронных приборов и систем, методах управления оптическим излучением, его генерации, преобразовании и регистрации, а также практических навыков их применения в наукоёмких производствах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физические основы управления оптическим полем, метрологические подходы в оптоэлектронике, квантовые явления при генерации и приёме излучения, принципы работы полупроводниковых фотоприемников, излучателей и лазеров, усилителей света и преобразователей изображений, основы регистрации изображений на ПЗС, элементы интегральной оптики. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий в оптоэлектронике на основе фундаментальных знаний, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений и технологий, обосновывать выбор элементной базы для оптоэлектронных систем. Владеть: навыками анализа работы оптоэлектронных устройств, методами управления оптическим полем, способами применения полупроводниковых фотоприемников и лазеров, приёмами регистрации и обработки изображений, а также навыками проектирования элементов интегральной оптики.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы оптоэлектроники» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение	Предмет оптоэлектроники и интегральной оптики, история становления, связи с другими областями знаний
2.	Управление оптическим полем	Распространение света в анизотропных средах. Нелинейная оптика. Искусственная анизотропия. Модуляция амплитуды, фазы, частоты или поляризации светового луча. Управление направлением излучения или положением светового луча в пространстве. Использование электро-, акусто- и магнитооптических эффектов в полупроводниках для модуляции и отклонения оптического излучения. Управление светом с помощью света.
3.	Метрология в оптоэлектронике	Энергетические и световые характеристики излучения. Психофизиологические основы воздействия световых полей. Оптоэлектроника и метрология: взаимовлияние.
4.	Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.	Зонная структура и основные характеристики полупроводников. Активные структуры оптоэлектронных приборов. Фотоэлектрические явления. Квантовая природа излучения.

5.	Полупроводниковые фотоприемники	Характеристики фотоприемников. Основные физические эффекты, используемые в фотоприемниках Типы фотодиодов. Солнечные фотопреобразователи.
6.	Излучатели и полупроводниковые лазеры	Инжекционная люминесценция. Процессы рекомбинации. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Квантовая эффективность. Гетеропереходы и их типы. Двойная гетероструктура и ее свойства. Работа полупроводникового лазера. Характеристики лазеров.
7.	Усилители света и преобразователи изображений.	Усилители света и преобразователи изображения. Твердотельные аналоги видеоконв.
8.	Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.	Формирователи изображений на основе приборов с зарядовой связью. Цифровые камеры и их характеристики.
9.	Элементы и устройства интегральной оптики	Элементы и устройства интегральной оптики (волноводной оптоэлектроники). Пассивные интегрально-оптические устройства ввода-вывода излучения. Активные интегрально-оптические элементы и устройства. Фундаментальные пределы в интегральной оптике. Микро-опто-электромеханические системы (МОЭМС) в интегральной оптике и их применение для целей связи и сенсорики. Основные тенденции и перспективы развития оптоэлектроники и интегральной оптики. Проблемы создания оптических компьютеров. Элементная база, материалы.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение

Вопросы для обсуждения: Оптоэлектроника занимается преобразованием, передачей и обработкой информации с помощью оптических и электрических сигналов. Преимущества оптоэлектронных систем: высокая скорость, широкополосность, гальваническая развязка, помехозащищённость.

Тема 2: Управление оптическим полем

Вопросы для обсуждения: Магнитооптический эффект Фарадея применяется в изоляторах и циркуляторах. Основные параметры модуляторов: полоса пропускания, управляющее напряжение, вносимые потери.

Тема 3: Метрология в оптоэлектронике

Вопросы для обсуждения: Мощность и энергия оптического излучения измеряются пироэлектрическими, фотодиодными и калориметрическими датчиками. Спектральный состав анализируется монохроматорами и спектрофотометрами. Пространственное

распределение интенсивности регистрируется профилометрами лазерного пучка.

Тема 4: Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.

Вопросы для обсуждения: Внутренний фотоэффект – возникновение свободных носителей в полупроводнике под действием света. Фотопроводимость – увеличение электропроводности при освещении. Квантовая эффективность и чувствительность фотоприёмника.

Тема 5: Полупроводниковые фотоприемники

Вопросы для обсуждения: Фототранзисторы обладают внутренним усилением, но меньшим быстродействием. Основные характеристики: спектральная чувствительность, темновой ток, постоянная времени.

Тема 6: Излучатели и полупроводниковые лазеры

Вопросы для обсуждения: Лазерные диоды с распределённой обратной связью обеспечивают узкую спектральную линию. Основные параметры: пороговый ток, выходная мощность, длина волны.

Тема 7: Усилители света и преобразователи изображений.

Вопросы для обсуждения: Оптические квантовые усилители усиливают слабый световой сигнал без преобразования в электричество. Электронно-оптические преобразователи преобразуют невидимое изображение в видимое.

Тема 8: Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.

Вопросы для обсуждения: Основные характеристики: разрешение, чувствительность, динамический диапазон, квантовая эффективность.

Тема 9: Элементы и устройства интегральной оптики

Вопросы для обсуждения: Интегральная оптика создаёт планарные оптические волноводы и устройства на их основе. Основные элементы: волноводы, разветвители, мультиплексоры, модуляторы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение

Вопросы для обсуждения: Изучение структурных схем типовых оптоэлектронных систем. Анализ преимуществ оптоэлектроники для конкретных задач.

Тема 2: Управление оптическим полем

Вопросы для обсуждения: Расчёт полуволнового напряжения для электрооптического модулятора. Оценка угла отклонения акустооптического дефлектора.

Тема 3: Метрология в оптоэлектронике

Вопросы для обсуждения: Измерение мощности лазерного излучения калиброванным фотодиодом. Регистрация спектра светодиода спектрофотометром. Определение расходимости пучка.

Тема 4: Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.

Вопросы для обсуждения: Расчёт квантовой эффективности фотодиода по фототоку и падающей мощности.

Тема 5: Полупроводниковые фотоприемники

Вопросы для обсуждения: Изучение вольт-амперных и спектральных характеристик р-і-п-фотодиода.

Тема 6: Излучатели и полупроводниковые лазеры

Вопросы для обсуждения: Регистрация спектра лазера и светодиода. Измерение расходимости пучка. Сравнение эффективности лазера и светодиода.

Тема 7: Усилители света и преобразователи изображений.

Вопросы для обсуждения: Изучение устройства фотоэлектронного умножителя.

Тема 8: Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.

Вопросы для обсуждения: Измерение квантовой эффективности.

Тема 9: Элементы и устройства интегральной оптики

Вопросы для обсуждения: Моделирование распространения света в планарном волноводе.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в оптоэлектронику. Управление оптическим полем. Метрология в оптоэлектронике. Квантовые явления при генерации и приёме оптического излучения. Полупроводниковые фотоприёмники. Излучатели и полупроводниковые лазеры. Усилители света и преобразователи изображений.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт полуволнового напряжения электрооптического модулятора. Оценка угла отклонения акустооптического дефлектора. Измерение мощности, спектра, расходимости и длительности импульса лазерного излучения. Расчёт квантовой эффективности и порогового тока полупроводникового лазера.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Физические принципы работы оптоэлектронных приборов. Методы управления оптическим полем. Квантовая эффективность и чувствительность фотоприёмников. Пороговый ток и выходная мощность лазеров.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает

овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение	ПК-1	Контрольная работа
Управление оптическим полем	ПК-1	Контрольная работа
Метрология в оптоэлектронике	ПК-1	Контрольная работа
Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения.	ПК-1	Контрольная работа
Полупроводниковые фотоприемники	ПК-1	Контрольная работа
Излучатели и полупроводниковые лазеры	ПК-1	Контрольная работа
Усилители света и преобразователи изображений.	ПК-1	Контрольная работа
Регистрация изображений на основе приборов с зарядовой связью.	ПК-1	Контрольная работа
Элементы и устройства интегральной оптики	ПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Управление оптическим полем»

1. Объяснить физические механизмы электрооптических эффектов
2. Привести технические характеристики модуляторов оптического излучения и их связь с физикой модуляции света

По теме «Излучатели и полупроводниковые лазеры»

1. Эффективность преобразования внешней (электрической) мощности планарного GaAs светодиода η равна 1,5 % при прямом токе $I = 50$ мА и разности потенциалов $U = 2$ В. Оценить генерируемую прибором оптическую мощность P_i , если коэффициент отражения R на границе GaAs – воздух равен $R = 0,8$. Коэффициент преломления GaAs $n = 3,6$
2. Идеальный фотодиод (т.е. с квантовым выходом равным 1) освещается излучением мощностью $P = 10$ мВт при длине волны 0,8 мкм. Рассчитать ток и напряжение на выходе прибора, когда детектор используется в режиме фототока и фото–э.д.с. соответственно. Ток утечки при обратном смещении $I_0 = 10$ нА, рабочая температура $T = 300$ К.

По теме «Усилители света и преобразователи изображений»

1. Провести сравнение принципов работы фотоумножителей и многоканальных усилителей оптического сигнала

По теме «Регистрация изображений на основе приборы с зарядовой связью»

1. Исходя из уровня темнового тока и квантовой эффективности ПЗС-детектора, оценить

минимальную зарегистрированную мощность лазерного излучения

По теме «Элементы и устройства интегральной оптики»

2. Провести анализ МОЭМС для задач сенсорики и систем связи в оптоэлектронике

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Поглощение света в полупроводниках, основные механизмы поглощения. Коэффициент поглощения света.
2. Фундаментальное поглощение света в полупроводниках. Прямые и не прямые переходы. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотона.
3. Основные виды генерации света в полупроводниках.
4. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Время жизни излучательной рекомбинации.
5. Основные требования к полупроводниковым материалам, пригодным для изготовления источников излучения.
6. Спонтанное излучение в полупроводниках. Светодиоды.
7. Вынужденное излучение в полупроводниках. Связь между спонтанным и вынужденным излучением.
8. Лазеры. Пороговый коэффициент усиления (для начала генерации) излучения. Основные модели лазерных переходов. Типы лазеров.
9. Условия достижения инверсной населенности в полупроводниках. Случаи прямых и не прямых переходов зона-зона.
10. Методы достижения инверсной населенности в полупроводниках (методы накачки).
11. Гетеролазеры. Проблема уменьшения порогового тока. Микрорезонаторные лазеры.
12. Основные методы модуляции излучения. Полупроводниковые модуляторы и дефлекторы излучения.
13. Полупроводниковые фотоприемники. Фотоприемники для волоконно-оптических линий связи.
14. Устройства отображения информации. Индикаторы и дисплеи.
15. Принципы оптической записи информации, материалы и оптические среды.
16. Элементы и устройства интегральной оптики. Пассивные и активные элементы и устройства.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение	отлично	зачтено	86-100

		самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Киселев Г.Л. Квантовая и оптическая электроника: учебное пособие для вузов / Г. Л. Киселев. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 316 с. – ISBN 978-5-507-47285-7.

– Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/353702>

Дополнительная литература:

1. Давыдов В.Н. Основы оптоэлектроники: учебное пособие / В. Н. Давыдов. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2021. – 95 с. – ISBN 978-5-86889-938-6.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения,

оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы фотоники молекул и комплексов».

Цель изучения дисциплины:

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: физические основы взаимодействия света с веществом, фотохимические реакции, механизмы переноса энергии в молекулярных системах, фотонные свойства координационных соединений, принципы супрамолекулярной фотоники, методы исследования и прикладные аспекты. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области фотоники молекул и комплексов, разрабатывать технологические требования к методам и средствам в конкретных приложениях, обосновывать выбор молекулярных систем для достижения требуемых фотонных свойств. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов в области молекулярной фотоники, способами разработки технологических требований, приемами применения фотонных свойств молекулярных систем для решения прикладных задач, а также навыками исследования и интерпретации фотофизических процессов в молекулярных комплексах.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся	Знать: физические основы фотоники молекул, механизмы взаимодействия света с веществом, фотохимические реакции, перенос энергии и методы исследования.

экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Уметь: формулировать задачи разработки с учётом социально-экономических и междисциплинарных аспектов, обосновывать выбор молекулярных систем по эффективности и значимости. Владеть: навыками исследования фотофизических процессов, применения молекулярных систем, проектирования и интеграции фотонных решений.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы фотоники молекул и комплексов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в молекулярную фотонику	Определение предмета и его историческое развитие. Фундаментальные понятия, природа света и основные этапы взаимодействия света с веществом. Вклад А.Н. Теренина, А.М. Салецкого в развитие области и научной школы термина «фотоника молекул». Связь дисциплины с физикой, химией и биологией. Области практического применения (оптоэлектроника, биомедицина, фотовольтаика)

2.	Взаимодействие света с веществом.	Диаграмма (схема) Яблонского. Электронные состояния молекул, синглетные и триплетные уровни. Основные пути дезактивации возбужденных состояний. Фотофизические (флуоресценция, фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия) и фотохимические процессы. Количественные характеристики флуоресценции (квантовый выход, время жизни)
3.	Фотохимические реакции	Первичные процессы: фотодиссоциация, фотоизомеризация, фотоиндуцированный перенос электрона и протона. Кинетика фотохимических реакций. Генерация синглетного кислорода
4.	Перенос энергии в молекулярных системах	Миграция энергии электронного возбуждения. Механизмы Фёрстера (индуктивно-резонансный) и Декстера (обменный). Перенос заряда в донорно-акцепторных комплексах
5.	Фотонные свойства координационных соединений	Влияние эффекта тяжелого атома, спин-орбитального взаимодействия. Фотофизика комплексов переходных металлов и лантанидов. Сенсibilизированная люминесценция
6.	Супрамолекулярная фотоника	Фотоактивные супрамолекулярные системы. Эксиплексы, эксимеры, комплексы с переносом заряда. Фотоуправляемые молекулярные машины и устройства
7.	Прикладные аспекты и методы исследования	Практическое применение молекулярных и комплексных фотонных систем: OLED, органические солнечные батареи, фотосенсибилизаторы, оптические сенсоры. Обзор методов исследования (спектроскопия поглощения и люминесценции, время-разрешенная спектроскопия)

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в молекулярную фотонику

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи молекулярной фотоники. Молекулярные уровни энергии и спектры. Типы оптических переходов и правила отбора. Основные фотофизические процессы.

Тема 2: Взаимодействие света с веществом.

Вопросы для обсуждения: Молекулярная спектроскопия.

Тема 3: Фотохимические реакции

Вопросы для обсуждения: Первичные и вторичные фотохимические процессы. Закон фотохимической эквивалентности.

Тема 4: Перенос энергии в молекулярных системах

Вопросы для обсуждения: Экспериментальное определение эффективности переноса.

Перенос энергии электронного возбуждения в ансамблях молекул.

Тема 5: Фотонные свойства координационных соединений

Вопросы для обсуждения: Влияние лигандного окружения на энергию и квантовый выход.

Тема 6: Супрамолекулярная фотоника

Вопросы для обсуждения: Самоорганизующиеся фотоактивные системы.

Тема 7: Прикладные аспекты и методы исследования

Вопросы для обсуждения: Спектроскопия поглощения, люминесценции и флуоресценции.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в молекулярную фотонику

Вопросы для обсуждения:

Тема 2: Взаимодействие света с веществом.

Вопросы для обсуждения: Построение диаграммы энергетических уровней для заданных фотофизических процессов

Тема 3: Фотохимические реакции

Вопросы для обсуждения: Расчет квантовых выходов и времени жизни. Решение задач с использованием формул: квантовый выход флуоресценции, фосфоресценции, интеркомбинационной конверсии. Расчет времени жизни возбужденного состояния. Оценка эффективности процессов тушения по наклону графиков Штерна — Фольмера

Тема 4: Перенос энергии в молекулярных системах

Вопросы для обсуждения: Решение задач по переносу энергии и сенсibilизированной люминесценции. Применение теории Фёрстера для оценки критического расстояния R_0 и эффективности безызлучательного диполь-дипольного переноса энергии. Определение радиуса сферы действия и константы скорости обменного переноса по Декстеру

Тема 5: Фотонные свойства координационных соединений

Вопросы для обсуждения:

Тема 6: Супрамолекулярная фотоника

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Прикладные аспекты и методы исследования

Вопросы для обсуждения:

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в молекулярную фотонику. Взаимодействие света с веществом. Фотохимические реакции. Перенос энергии в молекулярных системах. Фотонные свойства координационных соединений. Супрамолекулярная фотоника. Прикладные аспекты и методы исследования.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт параметров оптических переходов (энергия, длина волны, частота). Определение квантового выхода люминесценции по экспериментальным данным.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Энергетические уровни молекул и типы переходов. Правила отбора. Фотохимические реакции: квантовый выход, фотосенсибилизация. Механизмы переноса энергии.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие

действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в молекулярную фотонику	ПК-2, ПК-3	Опрос
Взаимодействие света с веществом.	ПК-2, ПК-3	Контрольная работа
Фотохимические реакции	ПК-2, ПК-3	Контрольная работа
Перенос энергии в молекулярных системах	ПК-2, ПК-3	Контрольная работа
Фотонные свойства координационных соединений	ПК-2, ПК-3	Опрос
Супрамолекулярная фотоника	ПК-2, ПК-3	Опрос
Прикладные аспекты и методы исследования	ПК-2, ПК-3	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Контрольная работа № 1. Фотофизика молекул и фотоприем

1. Задача на квантовый выход фотоприемника. В фотоприемнике площадью 1 см^2 плотность фототока составляет 10 А/м^2 . На фотоприемник попадает монохроматическое излучение мощностью 1 мВт . Квантовая эффективность фотоприемника составляет $0,1\%$. Определите длину волны падающего излучения.
2. Задача на перенос энергии. Эффективность безызлучательного переноса энергии между двумя молекулами составляет 75% . Рассчитайте расстояние RR между ними, если критическое расстояние Фёрстера (R_0) для данной пары равно 50 Å . *(Напомним, что эффективность выражается формулой: $E = 1/[1 + (R/R_0)^6]$ $E = 1/[1 + (R/R_0)^6]$).*
Аналитический вопрос. Опишите, как изменятся спектры поглощения и люминесценции молекулы при переходе из неполярного растворителя (например, гексана) в полярный (например, воду). Какое явление лежит в основе этого эффекта? *(Ожидаемый ответ: Это явление называется сольватохромизм. В полярном растворителе из-за диполь-дипольного взаимодействия и реорганизации сольватной оболочки происходит стабилизация возбужденного состояния, что приводит к bathochromному сдвигу (красному) в спектрах поглощения и, особенно, люминесценции. Вследствие этого Stokes сдвиг увеличивается)*

Контрольная работа № 2. Супрамолекулярная фотоника и фотохимия

- Задание 2.1. Расчетные задачи.
- 1. Задача на квантовый выход фотохимической реакции. При фотохимическом разложении бромоводорода ($\text{HBr} + h\nu \rightarrow \text{H} + \text{Br}$) с квантовым выходом 65 (по бром) поглотилось $1,3 \cdot 10^{21}$ квантов света. Рассчитайте, сколько молей брома выделилось. *(Подсказка: сначала найти количество выделившихся молекул, затем перевести в моли).*
- 2. Расчет констант времени жизни. Время жизни возбужденного синглетного состояния (S_1S_1) флуоресцирующей молекулы составляет 10 нс . Зная, что квантовый выход флуоресценции (Φ_f) равен $0,4$, рассчитайте константы скорости (k_f и k_{nr}) излучательных и безызлучательных переходов.
Аналитический вопрос. Объясните с позиции принципов супрамолекулярной химии, почему краун-эфир с размером полости $1,5\text{--}2,0 \text{ Å}$ будет преимущественно связывать ионы Li^+ (радиус $\sim 0,76 \text{ Å}$), а не K^+ (радиус $\sim 1,33 \text{ Å}$). *(Ожидаемый ответ: Проявляется принцип комплементарности (ключ-замок), а именно стерическое соответствие: максимально прочные комплексы ион-краун-эфир образуются, когда ион металла идеально подходит по размеру в полость макроцикла. Ион калия слишком велик для такой узкой полости и просто не сможет в нее эффективно внедриться, что приведет к низкой константе устойчивости комплекса.)*

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Построение диаграммы (схемы) Яблонского.
Задание: Для люминесцирующей молекулы нарисуйте диаграмму энергетических уровней, отметьте на ней все возможные электронные переходы (поглощение $S_0 \rightarrow S_1$, $S_0 \rightarrow S_1$, флуоресценцию $S_1 \rightarrow S_0$, интеркомбинационную конверсию $S_1 \rightarrow T_1$, $S_1 \rightarrow T_1$ и фосфоресценцию $T_1 \rightarrow S_0$). Обозначьте стрелками процессы внутренней конверсии.
2. Расчет квантовых выходов и времени жизни.
Задание: Время жизни возбужденного состояния молекулы составляет 10 нс . Известно, что константа скорости излучательного перехода (k_f) равна $5 \times 10^7 \text{ с}^{-1}$. Рассчитайте: а) константу скорости безызлучательных процессов (k_{nr}) и б) квантовый выход флуоресценции (Φ_f).
3. Применение теории Фёрстера для оценки эффективности переноса энергии.

Задание: Эффективность безызлучательного переноса энергии между двумя молекулами составляет 75%. Рассчитайте расстояние RR между ними, если критическое расстояние Фёрстера (R_0R_0) для данной пары равно 50 Å.

4. Анализ влияния среды и структуры на люминесценцию.

Задание: Предложите структурную модификацию органического красителя (например, введение тяжелого атома или увеличение плоскости молекулы), которая приведет к усилению фосфоресценции. Ответ обоснуйте с точки зрения фотофизических механизмов (например, влияние спин-орбитального взаимодействия).

5. Идентификация типа электронного перехода.

Задание: В электронном спектре поглощения молекулы формальдегида ($H_2C=OH_2C=O$) наблюдается длинноволновая полоса при 310 нм с низкой интенсивностью ($\epsilon \approx 5 \epsilon \approx 5$). Какому типу перехода ($n \rightarrow \pi^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$ или $\pi \rightarrow \pi^*$) она соответствует?

6. Ответ: Переходу $n \rightarrow \pi^*$, так как он характеризуется низкой интенсивностью (ϵ мало) и находится в длинноволновой области.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать 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

	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 зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Литвин, Ф. Ф. (ред.) Молекулярная спектроскопия: основы теории и практика: учебное пособие. — Москва: ИНФРА-М, 2026. — 263 с. — ISBN 978-5-16-005727-9. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=476441>

Дополнительная литература:

1. Чибисов, А. К. Координационные соединения в фотонике и оптоэлектронике: учебное пособие / А. К. Чибисов, Е. Н. Ушаков. — Москва: МФТИ, 2024. — 180 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Методы оптической спектроскопии».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах оптической спектроскопии, а также практических навыков их применения для анализа структуры, состава и свойств вещества в широком диапазоне задач физики наукоёмких технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физические основы оптической спектроскопии, методы абсорбционной, люминесцентной, комбинационной и эмиссионной спектроскопии, спектроскопию поверхностей и тонких плёнок, а также области применения в наукоёмких технологиях, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования характеристик процессов. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий на основе методов оптической спектроскопии, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений и технологий, обосновывать выбор спектроскопических методов для анализа материалов и контроля параметров. Владеть: навыками применения методов оптической спектроскопии для исследования свойств веществ, способами интерпретации спектральных данных, приёмами использования спектроскопических методов для решения технологических задач, а также навыками прогнозирования

		результатов спектроскопического анализа.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы оптической спектроскопии» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение и физические основы оптической спектроскопии	Предмет и задачи дисциплины. Электромагнитный спектр. Классификация спектроскопических методов. Взаимодействие излучения с веществом: поглощение, испускание, рассеяние. Уровни энергии атомов, молекул и конденсированных сред. Электронные, колебательные и вращательные переходы. Правила отбора. Естественная ширина спектральных линий. Механизмы уширения спектральных линий.
2.	Абсорбционная спектроскопия	Молярный коэффициент экстинкции. Принципиальная схема спектрофотометра. Одно- и двухлучевые спектрофотометры. Измерение спектров поглощения в УФ, видимой и ИК областях. Определение концентрации веществ. Фотоколориметрия. Применение абсорбционной спектроскопии в наукоёмких технологиях.
3.	Люминесцентная (флуоресцентная)	Явление люминесценции. Классификация люминесценции. Спектры возбуждения и

	спектроскопия	испускания. Квантовый выход люминесценции. Тушение люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Диаграмма Яблонского. Время жизни возбуждённого состояния. Применение люминесцентной спектроскопии.
4.	Комбинационная спектроскопия (КРС)	Физические основы комбинационного рассеяния света. Стоксовы и антистоксовы компоненты. Правила отбора для КРС. Сечение комбинационного рассеяния. Принципиальная схема спектрометра КРС. Спектроскопия гигантского комбинационного рассеяния. Применение КРС для исследования молекулярной структуры, идентификации веществ, анализа наноматериалов.
5.	Эмиссионная спектроскопия	Принципы эмиссионного спектрального анализа. Источники возбуждения спектров. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Количественный и качественный анализ. Индуктивно-связанная плазма. Искровые и дуговые разряды. Фотографическая и фотоэлектрическая регистрация спектров. Применения в материаловедении и экологическом мониторинге.
6.	Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	Особенности спектроскопических исследований поверхностей. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. Спектроскопия тонких плёнок. Интерференционные эффекты. Эллипсометрия. Спектроскопия поверхностных плазмонов. Применение для исследования наноструктур, биосенсоров и тонкоплёночных покрытий.
7.	Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях	Спектроскопический контроль качества материалов. Спектроскопия в фармацевтике, пищевой промышленности, экологическом мониторинге. Спектроскопия для идентификации веществ и материалов. Перспективы развития оптических спектроскопических методов в наукоёмких производствах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение и физические основы оптической спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Предмет и задачи дисциплины. Классификация спектроскопических методов. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Энергетические уровни атомов, молекул и конденсированных сред. Электронные, колебательные и вращательные переходы. Правила отбора. Естественная ширина спектральных линий и механизмы уширения.

Тема 2: Абсорбционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Молярный коэффициент экстинкции. Принципиальная схема спектрофотометра. Одно- и двухлучевые спектрофотометры. Измерение спектров поглощения в УФ, видимой и ИК областях. Определение концентрации веществ. Фотокolorиметрия. Применение абсорбционной спектроскопии.

Тема 3: Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Явление люминесценции и её классификация. Спектры возбуждения и испускания. Квантовый выход люминесценции. Тушение люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция.

Тема 4: Комбинационная спектроскопия (КРС)

Вопросы для обсуждения: Физические основы комбинационного рассеяния света. Стоксовы и антистоксовы компоненты. Правила отбора для КРС.

Тема 5: Эмиссионная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Принципы эмиссионного спектрального анализа. Источники возбуждения спектров. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Количественный и качественный анализ.

Тема 6: Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок

Вопросы для обсуждения: Особенности спектроскопических исследований поверхностей. Метод нарушенного полного внутреннего отражения. Спектроскопия тонких плёнок. Интерференционные эффекты.

Тема 7: Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Спектроскопический контроль качества материалов. Спектроскопия в фармацевтике и пищевой промышленности. Спектроскопические методы экологического мониторинга.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение и физические основы оптической спектроскопии

Вопросы для обсуждения: Расчёт энергии фотона, частоты и длины волны для заданных переходов. Определение типа перехода по положению спектральной полосы. Оценка ширины спектральной линии по времени жизни состояния.

Тема 2: Абсорбционная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Построение градуировочного графика по экспериментальным данным. Расчёт концентрации по оптической плотности. Обработка спектров поглощения. Выбор условий измерения для конкретного вещества.

Тема 3: Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Определение квантового выхода люминесценции. Расчёт времени жизни по кривой затухания. Анализ спектров возбуждения и испускания. Оценка влияния концентрации на интенсивность люминесценции.

Тема 4: Комбинационная спектроскопия (КРС)

Вопросы для обсуждения: Идентификация вещества по спектру КРС. Расчёт сдвига частот. Сравнение интенсивностей стоксовых и антистоксовых линий.

Тема 5: Эмиссионная спектроскопия

Вопросы для обсуждения: Идентификация элементов по эмиссионным линиям. Построение градуировочной зависимости для количественного анализа.

Тема 6: Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок

Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектров нарушенного полного внутреннего отражения. Определение толщины и показателя преломления тонкой плёнки по интерференционным полосам.

Тема 7: Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях

Вопросы для обсуждения: Решение прикладных задач на идентификацию веществ. Выбор метода анализа для конкретного материала. Оценка достоверности спектроскопических измерений. Разработка методики контроля качества продукции.

Рекомендуемый перечень тем лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторной работы
1	Введение и физические основы оптической спектроскопии	Изучение спектров поглощения окрашенных растворов в видимой области и определение ширины спектральной линии
2	Абсорбционная спектроскопия	Определение концентрации вещества методом спектрофотометрии
3	Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия	Исследование спектров возбуждения и испускания флуоресценции органических красителей
4	Комбинационная спектроскопия (КРС)	Идентификация органических соединений методом комбинационного рассеяния света
5	Эмиссионная спектроскопия	Качественный элементный анализ по эмиссионным спектрам с использованием индуктивно-связанной плазмы или дугового разряда
6	Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	Определение толщины и показателя преломления тонких плёнок по интерференционным спектрам пропускания и отражения
7	Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях	Комплексный спектроскопический анализ неизвестного вещества

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение и физические основы оптической спектроскопии. Абсорбционная спектроскопия. Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия. Комбинационная спектроскопия (КРС). Эмиссионная спектроскопия. Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок. Применение оптической спектроскопии в наукоёмких технологиях.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт энергии, частоты и длины волны оптических переходов. Определение концентрации веществ по оптической плотности. Расчёт квантового выхода люминесценции и времени жизни возбуждённого состояния. Качественный и количественный анализ по эмиссионным спектрам. Интерпретация спектров нарушенного полного внутреннего отражения. Определение толщины и показателя преломления тонких плёнок.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Взаимодействие излучения с веществом, энергетические уровни и переходы. Спектрофотометрия: принципы и применение. Люминесценция: спектры, квантовый выход, тушение. Комбинационное рассеяние: физические основы, применение. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок. Области применения оптической спектроскопии.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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 и физические основы оптической спектроскопии	ПК-1	Тестирование
Абсорбционная спектроскопия	ПК-1	Тестирование
Люминесцентная (флуоресцентная) спектроскопия	ПК-1	Тестирование
Комбинационная спектроскопия (КРС)	ПК-1	Тестирование
Эмиссионная спектроскопия	ПК-1	Тестирование
Спектроскопия поверхностей и тонких плёнок	ПК-1	Тестирование
Применение оптической спектроскопии в наукоёмких	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение и физические основы оптической спектроскопии»

1. **Что является предметом изучения оптической спектроскопии?**
 - а) Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом в оптическом диапазоне
 - б) Изучение механических свойств материалов
 - в) Исследование ядерных реакций
 - г) Анализ теплопроводности твёрдых тел
2. **Какой процесс лежит в основе поглощения света веществом?**
 - а) Переход атома из возбуждённого состояния в основное с испусканием фотона
 - б) Переход атома из основного состояния в возбуждённое с поглощением фотона
 - в) Рассеяние света без изменения длины волны
 - г) Преломление света на границе раздела сред
3. **Как называется разность энергий между основным и возбуждённым состояниями?**
 - а) Энергия активации
 - б) Энергия перехода
 - в) Энергия ионизации
 - г) Энергия связи
4. **Какой тип переходов характерен для видимой и ультрафиолетовой области спектра?**
 - а) Вращательные переходы
 - б) Колебательные переходы
 - в) Электронные переходы
 - г) Ядерные переходы
5. **Какое правило отбора является основным для электрических дипольных переходов?**
 - а) Изменение орбитального квантового числа на ± 1
 - б) Изменение спина на ± 1
 - в) Запрет на все переходы
 - г) Разрешены все переходы
6. **Что определяет естественную ширину спектральной линии?**
 - а) Столкновения частиц
 - б) Температура среды
 - в) Время жизни возбуждённого состояния
 - г) Внешнее электрическое поле
7. **Какой механизм уширения спектральных линий связан с тепловым движением частиц?**
 - а) Естественное уширение
 - б) Столкновительное уширение
 - в) Доплеровское уширение
 - г) Штарковское уширение
8. **Какая форма спектральной линии соответствует естественному уширению?**
 - а) Гауссова
 - б) Лоренцева
 - в) Пуассоновская
 - г) Экспоненциальная

9. Какая область электромагнитного спектра соответствует колебательным переходам молекул?

- а) Ультрафиолетовая
- б) Видимая
- в) Инфракрасная
- г) Рентгеновская

10. Что характеризует коэффициент экстинкции в законе Бугера-Ламберта-Бера?

- а) Способность вещества поглощать свет на определённой длине волны
- б) Интенсивность люминесценции
- в) Квантовый выход реакции
- г) Разрешающую способность прибора

11. Какой процесс происходит при спонтанном излучении?

- а) Переход из основного состояния в возбуждённое
- б) Переход из возбуждённого состояния в основное без внешнего воздействия
- в) Переход под действием внешнего фотона
- г) Ионизация атома

12. Что такое сечение поглощения?

- а) Мера вероятности поглощения фотона при взаимодействии с частицей
- б) Площадь поперечного сечения пучка
- в) Толщина образца
- г) Концентрация вещества

13. Какой параметр описывает затухание колебаний диполя в классической модели?

- а) Частота перехода
- б) Время релаксации
- в) Длина волны
- г) Интенсивность излучения

14. Что такое вращательные переходы в молекулах?

- а) Переходы между колебательными уровнями
- б) Переходы между электронными уровнями
- в) Переходы между вращательными уровнями
- г) Переходы между ядерными спиновыми состояниями

15. Какое уширение преобладает при высоких давлениях газа?

- а) Естественное уширение
- б) Доплеровское уширение
- в) Столкновительное уширение
- г) Штарковское уширение

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Дайте определение оптической спектроскопии. Какие основные задачи она решает в наукоёмких технологиях?

2. Какие типы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом используются в спектроскопии (поглощение, испускание, рассеяние)?

3. Охарактеризуйте электронные, колебательные и вращательные переходы. В каких спектральных диапазонах они наблюдаются?

4. Что такое правила отбора? Приведите примеры правил отбора для электронных дипольных переходов.

5. Что определяет естественную ширину спектральной линии? Как она связана с временем жизни возбуждённого состояния?
6. Перечислите основные механизмы уширения спектральных линий (Доплеровское, столкновительное, Штарковское). В каких условиях они преобладают?
7. Сформулируйте закон Бугера–Ламберта–Бера. Поясните физический смысл молярного коэффициента экстинкции.
8. Опишите принципиальную схему спектрофотометра. В чём отличие одно- и двухлучевых спектрофотометров?
9. Что такое люминесценция? Приведите классификацию люминесценции по способу возбуждения.
10. Объясните, что такое спектры возбуждения и испускания люминесценции. Дайте определение квантового выхода.
11. В чём отличие флуоресценции от фосфоресценции? Что такое диаграмма Яблонского?
12. На чём основан метод комбинационного рассеяния света (КРС)? Что такое стоксовы и антистоксовы компоненты?
13. Какие структурные и химические характеристики вещества можно определить методом КРС? Приведите примеры.
14. Каковы принципы эмиссионного спектрального анализа? Какие источники возбуждения используются (дуга, искра, индуктивно-связанная плазма)?
15. Чем качественный анализ отличается от количественного в атомно-эмиссионной спектроскопии? Какие методы регистрации применяются?
16. В чём особенности спектроскопического исследования поверхностей и тонких плёнок? Опишите метод нарушенного полного внутреннего отражения.
17. Что такое эллипсометрия? Какие параметры тонких плёнок можно определить с её помощью?
18. Что такое спектроскопия поверхностных плазмонов? Где она применяется?
19. Приведите примеры применения оптической спектроскопии в фармацевтике, пищевой промышленности и экологическом мониторинге.
20. Назовите перспективные направления развития методов оптической спектроскопии в наукоёмких производствах.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание	Основные признаки выделения уровня	Пятибалльная	Двухбалльная	БРС, % освоения

	уровня	(этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	шкала (академическая) оценка	ая шкала, зачет	я (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70

Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Слюсарева, Е. А. Оптическая спектроскопия: сложные молекулы: учебное пособие / Е. А. Слюсарева, М. А. Герасимова, Н. В. Слюсаренко. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2018. – 116 с. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=342155>

Дополнительная литература:

1. Ларичева, Т. Е. Оптические спектроскопические методы анализа: лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / Т. Е. Ларичева, С. М. Мерков, Ю. Д. Соколова. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/75975#1>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы рентгеновской оптики».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических принципах управления рентгеновским излучением, а также практических навыков применения методов рентгеновской оптики для решения междисциплинарных задач в области физики наукоёмких технологий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физические основы рентгеновской оптики, взаимодействие излучения с веществом, методы формирования пучка и диагностики, экспериментальные подходы на синхротронных источниках. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий на основе фундаментальных знаний рентгеновской оптики, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений и технологий, обосновывать выбор методов диагностики и формирования пучка для конкретных исследовательских задач. Владеть: навыками применения рентгеновских методов, диагностики излучения, формирования пучка и интеграции в междисциплинарные исследования.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы рентгеновской оптики» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной

профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики	Место рентгеновской оптики в современных физических исследованиях. Развитие источников излучения: от рентгеновских трубок до синхротронов 4-го поколения и лазеров на свободных электронах. Основные характеристики пучка: яркость, пространственная когерентность, эмиттанс. Задачи транспорта и управления пучком на установках класса «мегасайенс».
2.	Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	Физические основы распространения рентгеновских лучей. Комплексный показатель преломления. Поглощение. Набег фазы. Декремент показателя преломления.
3.	Преломляющая рентгеновская оптика	Геометрия одиночной параболической преломляющей линзы. Переход к составным преломляющим линзам (СПЛ). Уравнение тонкой линзы для СПЛ, расчет фокусного расстояния, эффективной апертуры и пропускания. Влияние материала линз (бериллий, алюминий, никель, алмаз) на оптические характеристики системы.
4.	Формирование пучка рентгеновского излучения	Каскады СПЛ и управление параметрами сфокусированного пучка. Рентгеновские трансфокаторы. Сохранение когерентности. Рентгеновские аксиконы для генерации кольцевых пучков. Линзовые интерферометры для измерения фазового профиля пучка.
5.	Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика	Принципы зонной фокусировки. Зонные пластинки Френеля: принцип работы, параметры зон, хроматические aberrации и технологические ограничения. Рефракционно-дифракционная оптика: геометрия фазового профиля, минимизация

		поглощения.
6.	Методы диагностики рентгеновского источника	Метод прямой визуализации источника с помощью СПЛ. Метод фазовой диагностики источника.
7.	Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения	Обзор аналитических возможностей синхротронного излучения. Связь параметров оптической схемы с требованиями экспериментальных станций. Базовые принципы методов рентгеновской микроскопии, дифракции, спектроскопии и малоуглового рентгеновского рассеяния.
8.	Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях	Применение рентгеновских методов в структурной биологии, материаловедении, химии и изучении экстремальных состояний вещества. Оценка роли формирующей оптики в успешности конкретных экспериментов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики
Вопросы для обсуждения: Свойства синхротронного излучения. Поворотные магниты, ондуляторы, вигглеры. Задачи рентгеновской оптики (фокусировка, монохроматизация, коллимация).

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом
Вопросы для обсуждения: Фотоэффект, комптоновское и когерентное рассеяние. Коэффициент ослабления. Показатель преломления. Тепловая нагрузка.

Тема 3: Преломляющая рентгеновская оптика
Вопросы для обсуждения: Параболические преломляющие линзы. Фокусное расстояние, апертура, пропускание. Материалы: бериллий, алюминий, литий.

Тема 4: Формирование пучка рентгеновского излучения
Вопросы для обсуждения: Монохроматизация (кристаллы, многослойные зеркала). Фокусировка (эллиптические зеркала, зонные пластинки).

Тема 5: Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика
Вопросы для обсуждения: Многослойные зеркала. Кристаллы-анализаторы.

Тема 6: Методы диагностики рентгеновского источника
Вопросы для обсуждения: Измерение интенсивности. Спектральный анализ. Пространственное распределение

Тема 7: Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения
Вопросы для обсуждения: Рентгеновская дифракция, рефлектометрия, малоугловое рассеяние.

Тема 8: Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях
Вопросы для обсуждения: Структурный анализ материалов. Биомедицинская диагностика. Исследование наночастиц.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики

Вопросы для обсуждения: Расчёт критической энергии.

Тема 2: Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом

Вопросы для обсуждения: Расчёт ослабления. Выбор фильтров. Оценка тепловой нагрузки.

Тема 3: Преломляющая рентгеновская оптика

Вопросы для обсуждения: Расчёт фокусного расстояния линзы. Выбор числа линз.

Тема 4: Формирование пучка рентгеновского излучения

Вопросы для обсуждения: Расчёт расходимости. Выбор монохроматора. Компоновка схемы.

Тема 5: Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика

Вопросы для обсуждения: Оценка разрешения. Расчёт зонной пластинки.

Тема 6: Методы диагностики рентгеновского источника

Вопросы для обсуждения: Измерение профиля пучка. Спектральный анализ.

Тема 7: Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения

Вопросы для обсуждения: Обработка дифрактограммы.

Тема 8: Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях

Вопросы для обсуждения: Выбор метода под задачу. Анализ реальных данных.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Преломляющая рентгеновская оптика. Формирование пучка рентгеновского излучения. Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика. Методы диагностики рентгеновского источника. Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения. Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт критической энергии и длины волны синхротронного излучения. Оценка коэффициента ослабления и толщины половинного ослабления. Расчёт фокусного расстояния преломляющей линзы. Выбор метода исследования для конкретной задачи.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Свойства синхротронного излучения. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Параметры преломляющих линз. Примеры междисциплинарного применения.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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. Источники синхротронного излучения и задачи рентгеновской оптики	ПК-1	Опрос
Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом	ПК-1	Опрос
Преломляющая рентгеновская оптика	ПК-1	Опрос, контрольная работа
Формирование пучка рентгеновского излучения	ПК-1	Опрос
Дифракционная и рефракционно-дифракционная оптика	ПК-1	Опрос
Методы диагностики рентгеновского источника	ПК-1	Опрос, контрольная работа
Экспериментальные методы на источниках синхротронного излучения	ПК-1	Опрос
Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях	ПК-1	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Типовые задания практических, контрольных работ и проектов:

По теме «Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом»:

- Объяснить физический смысл действительной и мнимой частей комплексного показателя преломления в рентгеновском диапазоне.
- Оценить линейный коэффициент поглощения и декремент показателя преломления для легких (Be, Al) и тяжелых (Ni, Pt) элементов при энергии фотонов 15 кэВ.

По теме «Преломляющая рентгеновская оптика»:

- Рассчитать фокусное расстояние СПЛ из $N = 50$ параболических бериллиевых линз (радиус кривизны параболы $R = 200$ мкм) для энергии излучения 12 кэВ.
- Оценить эффективную апертуру и пропускание данной СПЛ с учетом поглощения материала. Сравнить результаты для линз из бериллия и алюминия.

По теме «Формирование пучка рентгеновского излучения»:

- Предложить и обосновать конфигурацию рентгеновского трансфокатора для обеспечения перестройки фокусного расстояния в диапазоне от 1 до 5 метров при фиксированной энергии пучка.
- Описать принцип формирования кольцевого рентгеновского пучка с использованием рентгеновских аксиконов.

По теме «Методы диагностики рентгеновского источника»:

- По заданному экспериментальному изображению (профилю интенсивности), полученному методом прямой визуализации с помощью СПЛ, рассчитать эффективный вертикальный и горизонтальный размер источника синхротронного излучения. Оценить влияние аппаратной функции оптической системы на конечный результат.

По теме «Практическое применение рентгеновских методов в междисциплинарных исследованиях»:

- Требования к структуре доклада (презентации 15 мин) по анализу современной научной статьи:
 1. Постановка фундаментальной или прикладной научной проблемы (биология, материаловедение, физика высоких давлений и т.д.).
 2. Описание оптической схемы экспериментальной станции: как был сформирован пучок и какие оптические элементы для этого использовались.
 3. Суть примененного аналитического метода (дифракция, спектроскопия, микроскопия).
 4. Анализ полученных результатов и выводы.

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Развитие источников рентгеновского излучения. Особенности синхротронов 4-го поколения и лазеров на свободных электронах. Основные характеристики синхротронного излучения: яркость, эмиттанс, пространственная и временная когерентность.
2. Особенности взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Комплексный показатель преломления. Декремент показателя преломления и поглощение. Влияние энергии излучения и атомного номера элемента на оптические свойства материалов.
3. Физические принципы преломляющей рентгеновской оптики. Одиночная параболическая линза. Составные преломляющие линзы (СПЛ). Формула тонкой линзы для многоэлементных рентгенооптических систем.
4. Апертура, пропускание и дифракционный предел разрешения СПЛ. Выбор материалов для изготовления преломляющей оптики. Рентгеновские трансфокаторы: архитектура, механика, логика перестройки фокусного расстояния.
5. Специализированная преломляющая оптика: аксиконы и интерферометры. Принципы работы дифракционной рентгеновской оптики. Зонные пластинки Френеля. Рефракционно-

дифракционная оптика.

6. Способы регистрации рентгеновского излучения. Метод прямой визуализации источника синхротронного излучения с помощью СПЛ. Аналитические методы рентгеновской микроскопии, дифракции, спектроскопии и малоуглового рентгеновского рассеяния.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или	хорошо		71-85

		обосновывать практику применения			
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. Стожаров, В. М. Физика рентгеновского излучения: учебное пособие для вузов / В. М. Стожаров. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 100 с. – ISBN 978-5-507-47076-1. – Текст: электронный. – URL: <https://e.lanbook.com/book/324422>

Дополнительная литература:

1. Бутиков, Е. И. Оптика: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов / Е. И. Бутиков. – 3-е изд., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 607 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

8. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Основы биофотоники».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о физических принципах и современных методах биофотоники, а также практических навыков их применения для решения задач в области физики наукоёмких технологий и биомедицинской инженерии.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: физические основы взаимодействия света с биологическими объектами, методы биовизуализации, сенсорики, светоактивированной терапии, оптогенетики и нанобиофотоники. Уметь: формулировать задачи разработки с учётом социально-экономических и междисциплинарных аспектов, обосновывать выбор биофотонных решений по эффективности и безопасности. Владеть: навыками применения методов биовизуализации, оптической сенсорики, лазерных и нанотехнологий, а также интеграции биофотонных решений для медицинских и биологических приложений.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы биофотоники» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/лабораторные работы), контактной

внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в биофотонику	Вводная лекция. Обзор основных методов оптического анализа сегодня используемых в медицинских приложениях. Понятие о предельном уровне воздействия излучения на живые системы.
2.	Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей	Формирование общего представления о базовых принципах взаимодействия излучения с органическими молекулами. Процессы многократного рассеяния излучения в биологических тканях. Нелинейные оптические эффекты в биологических тканях.
3.	Лазеры для биофотоники	Рассмотрение характеристик лазерного излучения с позиции распространения в биологических средах. Низкоинтенсивное излучение. Когерентные свойства излучения. Поляризация. Лазерные диоды нового поколения и источники излучения для носимых датчиков.
4.	Бiovизуализация: принципы и приложения	Получение оптических изображений биологических тканей и отдельных клеток. Оптическая микроскопия живых систем. Оптическая томография в медицине, офтальмологические приложения. Системы визуализации сосудов. Системы визуализации на основе ИК излучения.
5.	Оптические биосенсоры	Краткая классификация, описание основных принципов работы и их биоаналитических применений. Основное внимание уделяется наиболее широко используемым оптическим биосенсорам, которые основаны на поверхностном плазмонном резонансе (SPR), включая SPR-визуализацию и локализованный SPR. Обсуждаются оптические биосенсорные системы, такие как флуоресцентные биосенсоры на основе эванесцентных волн и биолюминесцентные оптические волоконные биосенсоры, а также интерферометрическая, эллипсометрическая и рефлектометрическая интерференционная

		спектроскопия и биосенсоры на основе поверхностно-усиленного рамановского рассеяния.
6.	Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия	Современные подходы к фотодинамической и фототермической терапии. Экзогенные вещества, используемые в фотодинамической терапии. Расчет дозы излучения для проведения фототермического воздействия.
7.	Тканевая инженерия с помощью света	3D-биопечать (SLA, DLP) и фотобиомодуляция (PBM) для создания сложных биологических тканей (кости, кожа, сосуды). Обеспечение высокой точности за счет отверждения светочувствительных чернил или стимуляции клеточной активности. Обеспечение неинвазивного контроля над ростом и регенерацией клеток для тестирования лекарств, восстановления органов и изучения процессов развития в области регенеративной медицины.
8.	Оптические пинцеты, ножницы и ловушки	Обзор основных подходов, используемых при работе с оптическими системами для манипуляции биологическими объектами. Обзор принципов формирования пучков излучения с заданными характеристиками.
9.	Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника	Обзор современных нанотехнологий, используемых в области биофотоники. Наноструктуры благородных металлов для усиления и гашения флуоресценции, усиления рамановского сигнала. Тераностика и нанобиофотоника.
10.	Оптогенетика и нейрофотоника	Примеры использования оптических технологий для анализа состояния нервной ткани и анализа нервной деятельности человека. Активация генов с помощью оптических подходов. Диагностика нейродегенеративных заболеваний и опухолей нервных тканей с помощью оптической и жидкостной биопсии.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в биофотонику

Вопросы для обсуждения: Определение, предмет и задачи биофотоники. Исторические этапы развития. Роль света в биологических системах. Основные области применения: диагностика, терапия, визуализация, сенсорика, манипуляция биологическими объектами.

Тема 2: Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей

Вопросы для обсуждения: Оптические свойства биологических тканей. Хромофоры и флуорофоры в биологии. Окно прозрачности биотканей. Эффекты: фотообесцвечивание, фототермический, фотохимический, фотоакустический. Модели распространения света в многослойных средах

Тема 3: Лазеры для биофотоники

Вопросы для обсуждения: Типы лазеров. Параметры: длина волны, мощность, режим

работы. Безопасность лазерного излучения. Методы доставки излучения к биологическим объектам.

Тема 4: Биовизуализация: принципы и приложения

Вопросы для обсуждения: Флуоресцентная микроскопия. Суперразрешающая микроскопия. Оптическая когерентная томография.

Тема 5: Оптические биосенсоры

Вопросы для обсуждения: Принципы работы оптических биосенсоров.

Тема 6: Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия

Вопросы для обсуждения:

Тема 7: Тканевая инженерия с помощью света

Вопросы для обсуждения:

Тема 8: Оптические пинцеты, ножницы и ловушки

Вопросы для обсуждения:

Тема 9: Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника

Вопросы для обсуждения:

Тема 10: Оптогенетика и нейрофотоника

Вопросы для обсуждения:

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в биофотонику

Вопросы для обсуждения: Основные методы оптического анализа, используемые сегодня в медицинских приложениях. Понятие о предельном уровне воздействия излучения на живые системы.

Тема 2: Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей

Вопросы для обсуждения: Общее представление о базовых принципах взаимодействия излучения с органическими молекулами. Процессы многократного рассеяния излучения в биологических тканях. Нелинейные оптические эффекты в биологических тканях.

Тема 3: Лазеры для биофотоники

Вопросы для обсуждения: Характеристики лазерного излучения с позиции распространения в биологических средах. Низкоинтенсивное излучение. Когерентные свойства излучения. Поляризация. Лазерные диоды нового поколения и источники излучения для носимых датчиков.

Тема 4: Биовизуализация: принципы и приложения

Вопросы для обсуждения: Получение оптических изображений биологических тканей и отдельных клеток. Оптическая микроскопия живых систем. Оптическая томография в медицине, офтальмологические приложения. Системы визуализации сосудов. Системы визуализации на основе ИК излучения.

Тема 5: Оптические биосенсоры

Вопросы для обсуждения: Описание основных принципов работы биосенсоров и их биоаналитических применений. Биосенсоры на поверхностном плазмонном резонансе (SPR), включая SPR-визуализацию и локализованный SPR. Оптические биосенсорные системы, такие как флуоресцентные биосенсоры на основе эванесцентных волн и биолюминесцентные оптические волоконные биосенсоры.

Тема 6: Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия

Вопросы для обсуждения: Современные подходы к фотодинамической и фототермической терапии. Экзогенные вещества, используемые в фотодинамической терапии. Расчет дозы излучения для проведения фототермического воздействия.

Тема 7: Тканевая инженерия с помощью света

Вопросы для обсуждения: 3D-биопечать (SLA, DLP) и фотобиомодуляция (PBM) для создания сложных биологических тканей (кости, кожа, сосуды). Обеспечение высокой точности за счет отверждения светочувствительных чернил или стимуляции клеточной активности. Обеспечение неинвазивного контроля над ростом и регенерацией клеток для

тестирования лекарств, восстановления органов и изучения процессов развития в области регенеративной медицины.

Тема 8: Оптические пинцеты, ножницы и ловушки

Вопросы для обсуждения: Основные подходы, используемые при работе с оптическими системами для манипуляции биологическими объектами. Принципы формирования пучков излучения с заданными характеристиками.

Тема 9: Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника

Вопросы для обсуждения: Наноструктуры благородных металлов для усиления и гашения флуоресценции, усиления рамановского сигнала. Тераностика и нанобиофотоника.

Тема 10: Оптогенетика и нейрофотоника

Вопросы для обсуждения: Использование оптических технологий для анализа состояния нервной ткани и анализа нервной деятельности человека. Активация генов с помощью оптических подходов.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в биофотонику. Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей. Лазеры для биофотоники. Биовизуализация: принципы и приложения. Оптические биосенсоры. Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия. Тканевая инженерия с помощью света. Оптические пинцеты, ножницы и ловушки. Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника. Оптогенетика и нейрофотоника.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей. Лазеры для биофотоники. Биовизуализация.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Введение в биофотонику. Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей. Лазеры для биофотоники. Биовизуализация: принципы и приложения. Оптические биосенсоры. Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия. Тканевая инженерия с помощью света. Оптические пинцеты, ножницы и ловушки. Нанотехнологии для биофотоники. Оптогенетика и нейрофотоника.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия

выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в биофотонику	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Основы взаимодействия света и материи для молекул, клеток и биотканей	ПК-3	Опрос
Лазеры для биофотоники	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Бивизуализация: принципы и приложения	ПК-3	Опрос
Оптические биосенсоры	ПК-3	Опрос
Светоактивированная терапия: фототермическая и фотодинамическая терапия	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Тканевая инженерия с помощью света	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Оптические пинцеты, ножницы и ловушки	ПК-3	Опрос, контрольная работа
Нанотехнологии для биофотоники: нанобиофотоника	ПК-3	Опрос
Оптогенетика и нейрофотоника	ПК-3	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

По теме «Оптические свойства диэлектриков и токопроводящих сред»

1. Задача на закон Бегера-Ламберта-Бугера: Рассчитать коэффициент ослабления и интенсивность прошедшего света ($I_0=1$ мВт) через слой кожи толщиной 0,5 мм.
2. Анализ кривых Стокса: Вычислите Стоксов сдвиг между максимумами спектров поглощения и испускания флуорофора GFP (green fluorescent protein), используемого для клеточного мечения.
3. Предел разрешения Рэлея: Расчитайте минимальное расстояния между двумя точками, которые можно различить в микроскоп ($\lambda = 532$ нм, $NA = 1.1$).
4. Расчет квантового выхода: Определите эффективность флуоресценции биологической молекулы (GFP-белка) ($N_{em} = 12$, $N_{abs} = 114$).

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Что такое биофотоника и в чем её основные задачи?
2. Какие основные области применения биофотоники вы знаете?
3. Почему свет является важным инструментом в современной биологии и медицине?
4. Какие типы световых источников используются в биофотонике?
5. Какие основные преимущества и ограничения использования света в биологических исследованиях?
6. Какие виды взаимодействия света с биологическими объектами вы знаете?
7. Что такое флуоресценция и как она используется в биофотонике?
8. Как влияет дифракция света на его использование в методах биофотоники?
9. Объясните принцип рамановской спектроскопии.
10. Какие типы лазеров широко применяются в биофотонике и почему?
11. В чем преимущества фемтосекундных лазеров для биологических исследований?
12. Какие характеристики лазера важны при проведении фототермической терапии?
13. Чем отличается непрерывный лазер от импульсного?
14. Какие риски и ограничения связаны с использованием лазеров в биологических системах?
15. Какие основные техники визуализации используются в биофотонике?
16. Объясните принцип микроскопии светлого и темного полей.
17. Какие преимущества дает многофотонная визуализация?
18. Чем определяется разрешение системы?
19. Какие современные приложения биовизуализации вы можете назвать?
20. Как работает оптический биосенсор?
21. В чем преимущество оптических сенсоров перед электрическими?
22. Какие биомаркеры часто анализируются с помощью оптических биосенсоров?
23. Что такое локальный поверхностный плазмонный резонанс (LSPR)?
24. Какие области применения имеют оптические биосенсоры?
25. Как работает фототермическая терапия и для каких заболеваний она применяется?
26. В чем принцип фотодинамической терапии (ФДТ)?
27. Какие преимущества есть у световой терапии по сравнению с традиционными методами?
28. Какие фотоактивные компоненты используют в ФДТ?
29. Какие потенциальные риски связаны со светоактивированной терапией?
30. В чем состоит принцип поверхностно-усиленной рамановской спектроскопии?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание	Основные признаки выделения уровня	Пятибалльная	Двухбалльная	БРС, % освоения

	уровня	(этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	шкала (академическая) оценка	ая шкала, зачет	я (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70

Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Дунаев, А. В. Клиническая биофотоника: учебное пособие / А. В. Дунаев [и др.]. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2030-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/510782>

Дополнительная литература:

1. Смолянская, О. А. Биофотоника. Методическое пособие по лабораторному практикуму: учебное пособие / О. А. Смолянская, А. В. Возианова, О. В. Кравценюк, М. К. Ходзицкий. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, [год издания уточнить]. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/460061>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные

аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Балтийский федеральный университет
имени Иммануила Канта»**
ОНК «Институт высоких технологий»
Высшая школа нанотехнологий и инженерии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

«Технологии космического двигателестроения»

Шифр: 03.03.02

Направление подготовки: Физика

Направленность (профиль) образовательной программы:

Физика высоких технологий

Квалификация выпускника: Физик.

Калининград
2026

Лист согласования

Составители: Владимир Владимирович Родионов, к.ф.-м.н., директор ВШ
Нанотехнологий и инженерии

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий»

Председатель Ученого совета ОНК
«Институт высоких технологий» Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий», д. ф.-м. н., профессор

Юров А. В.

Содержание

1. Название образовательного модуля
2. Характеристика образовательного модуля
3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля
4. Программы дисциплин образовательного модуля
 - 4.1. Программа дисциплины «Избранные главы физики тепловых процессов в жидкостях и газах»
 - 4.2. Программа дисциплины «Введение в теорию электроракетных двигателей»
 - 4.3. Программа дисциплины «Физика плазмы»
 - 4.4. Программа дисциплины «Теория надежности и практика испытаний двигателей космических аппаратов»
 - 4.5. Программа дисциплины «Жидкостные ракетные двигатели»
 - 4.6. Программа дисциплины «Конструкция и расчет электроракетных двигателей»
 - 4.7. Программа дисциплины «Технология производства электроракетных двигателей»
 - 4.8. Программа дисциплины «Автоматизированные системы управления двигателей космических аппаратов»
5. Программа итоговой аттестации по модулю

1.Название модуля: «Технологии космического двигателестроения»

2.Характеристика модуля

2.1. Образовательные цели и задачи

Модуль ставит своей целью создать условия для эффективного формирования и развития общепрофессиональных компетенций.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Освоение физических закономерностей тепловых и газодинамических процессов в жидкостях и газах, лежащих в основе работы ракетных двигателей различных типов.
2. Изучение принципов функционирования, конструктивных особенностей и методов расчёта жидкостных ракетных двигателей и электроракетных двигателей.
3. Формирование знаний о физике низкотемпературной плазмы и её применении в электроракетных двигательных установках.
4. Приобретение навыков проектирования, конструирования и расчёта элементов электроракетных и жидкостных ракетных двигателей с учётом требований надёжности и технологичности.
5. Освоение теории надёжности, методов испытаний и оценки ресурса двигателей космических аппаратов, включая анализ отказов.
6. Изучение технологии изготовления и контроля качества электроракетных двигателей, включая специальные материалы и вакуумные технологии.
7. Формирование компетенций в области автоматизированных систем управления двигательными установками космических аппаратов, включая регулирование параметров и диагностику состояния.

2.2. Образовательные результаты выпускника

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: физические основы тепловых и плазменных процессов, теорию жидкостных и электроракетных двигателей, принципы расчёта, конструирования, испытаний и автоматизированного управления. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий двигателестроения, прогнозировать характеристики процессов, обосновывать конструктивные и технологические

		решения. Владеть: навыками расчёта и проектирования двигателей, анализа тепловых и плазменных процессов, оценки надёжности, проведения испытаний и применения систем управления.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: современные методы проектирования, расчёта и производства жидкостных и электроракетных двигателей, физические основы тепловых и плазменных процессов, теорию надёжности и методы испытаний, достаточные для описания и проектирования новых методов решения наукоемких задач и разработки технологических требований. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области космического двигателестроения, разрабатывать технологические требования к методам и средствам производства и испытаний в конкретных приложениях, обосновывать выбор конструктивных и технологических решений для достижения требуемых характеристик. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов в области двигателестроения, способами разработки технологических требований, приемами применения методов расчёта, производства и испытаний двигателей, а также навыками интеграции технологических решений для обеспечения надёжности и эффективности двигательных установок.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-	Знать: физические основы тепловых и плазменных процессов, теорию и методы расчёта, конструирования, испытаний и производства двигателей. Уметь: формулировать задачи разработки с учётом социально-

с учетом междисциплинарных аспектов.	экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	экономических и междисциплинарных аспектов, обосновывать конструктивные и технологические решения по эффективности и значимости. Владеть: навыками проектирования и производства двигателей, оценки надёжности, проведения испытаний и обоснования выбора технологий с учётом их экономической эффективности.

3. Методические указания для обучающихся по освоению модуля

Освоение дисциплин модуля закладывает базу для будущей профессиональной деятельности в сфере 25 Ракетно-Космическая Промышленность. Оно должно начинаться с внимательного ознакомления с рабочими программами дисциплин, обязательными компонентами которых являются: перечень тем, подлежащих усвоению; задания; списки учебных пособий и рекомендуемой литературы; списки контрольных вопросов, заданий.

При изучении дисциплин модуля необходимо последовательно переходить от дисциплины к дисциплине, от темы к теме, следуя внутренней логике, заложенной в программе дисциплины модуля. Только так можно достичь полного понимания материала, хорошей ориентации в специальной литературе, формирования собственной точки зрения и умений практического характера. Для более глубокого и эффективного освоения дисциплин рекомендуется предварительная подготовка к занятиям.

1. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Избранные главы физики тепловых процессов в жидкостях и газах».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний о фундаментальных законах и механизмах тепловых процессов в жидкостях и газообразных средах, а также практических навыков их аналитического и численного анализа для решения прикладных задач в области наукоемких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов.	Знать: термодинамические основы и кинетическую теорию жидкостей и газов, основы гидродинамики и теплообмена, теплофизические свойства и фазовые равновесия, гидрогазодинамику с теплообменом и химическими превращениями, тепловые процессы в активных и неравновесных средах, а также прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах, достаточные для постановки задач разработки технологий на основе фундаментальных знаний. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий с учётом тепловых процессов в жидкостях и газах на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, обосновывать выбор методов расчёта и моделирования для анализа теплофизических процессов, прогнозировать характеристики тепловых явлений в конкретных приложениях. Владеть: навыками анализа тепловых процессов в жидкостях и газах, методами гидродинамического и теплообменного

		моделирования, способами расчёта теплофизических свойств и фазовых равновесий, приёмами применения результатов анализа для решения прикладных задач в наукоемких производствах.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Избранные главы физики тепловых процессов в жидкостях и газах» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов	Понятие термодинамической системы, равновесного и неравновесного состояний. Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, свободная энергия. Первое, второе и третье начала термодинамики применительно к газообразным и жидким средам. Кинетическая теория идеальных и реальных газов, модель идеальной жидкости. Статистическое описание теплового движения. Флуктуации и броуновское движение.
2.	Основы гидродинамики и тепломассообмена	Кинематика и динамика сплошной среды: поле скоростей, линии и трубки тока. Уравнение неразрывности. Идеальная жидкость: уравнение Эйлера и интеграл Бернулли. Вязкая жидкость.

		Механизмы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Уравнение энергии. Законы теплообмена при вынужденном и свободном движении сред.
3.	Теплофизические свойства и фазовые равновесия	Реальные газы и жидкости: отклонение от идеальности. Критическое состояние. Понятие фазового перехода. Диаграммы состояния. Фазовые переходы первого и второго рода. Поверхностное натяжение, смачивание, капиллярные явления. Теплофизические свойства: теплоёмкость, теплопроводность, вязкость, температуропроводность, и их зависимость от температуры, давления, состава.
4.	Гидрогазодинамика с теплообменом и химическими превращениями	Конвективный теплообмен при фазовых переходах (кипение, конденсация). Теплообмен в каналах и при обтекании тел. Модели турбулентного теплообмена. Двухфазные потоки. Взаимодействие тепловых и газодинамических полей. Газодинамика течений с химическими реакциями. Критерии подобия тепловых и гидрогазодинамических процессов.
5.	Тепловые процессы в активных и неравновесных средах	Акустика потоков и термоакустические эффекты. Тепловые волны и волны горения. Эффекты возбуждения и релаксации внутренних степеней свободы молекул. Горение и детонация газовзвесей. Тепловые процессы в плазме, в том числе низкотемпературной. Взаимодействие лазерного излучения с газом и жидкостью: теплопроводность, термокапиллярные явления. Фундаментальные и прикладные аспекты термогравитационной конвекции.
6.	Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах	Тепловые процессы в энергетических установках (камеры сгорания, сопла, лопатки турбин). Тепломассоперенос в химических реакторах и в технологиях микро- и нанoeлектроники. Термические и концентрационные напряжения в материалах. Управление тепловыми режимами высокотехнологичного оборудования. Инженерные методы расчета тепловых и гидродинамических процессов и тепловых режимов.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов

Вопросы для обсуждения: Понятие термодинамической системы и равновесия.

Внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Первое, второе и третье начала термодинамики. Кинетическая теория идеальных газов. Флуктуации и броуновское движение.

Тема 2: Основы гидродинамики и теплообмена

Вопросы для обсуждения: Поле скоростей, линии тока. Уравнение неразрывности. Теплопроводность (закон Фурье), конвекция, излучение. Уравнение энергии.

Тема 3: Теплофизические свойства и фазовые равновесия

Вопросы для обсуждения: Критическое состояние. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграммы состояния. Поверхностное натяжение, смачивание, капиллярность. Зависимость теплоёмкости, теплопроводности, вязкости от температуры, давления, состава.

Тема 4: Газодинамика с теплообменом и химическими превращениями

Вопросы для обсуждения: Конвективный теплообмен при кипении и конденсации. Теплообмен в каналах и при обтекании. Газодинамика течений с горением, диссоциацией, ионизацией. Критерии подобия.

Тема 5: Тепловые процессы в активных и неравновесных средах

Вопросы для обсуждения: Акустика потоков, термоакустика. Тепловые волны, волны горения. Релаксация внутренних степеней свободы. Горение и детонация газовзвесей. Тепловые процессы в низкотемпературной плазме. Взаимодействие лазерного излучения с газом и жидкостью.

Тема 6: Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах

Вопросы для обсуждения: Тепловые процессы в камерах сгорания, соплах, лопатках турбин. Инженерные методы расчёта тепловых режимов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов

Вопросы для обсуждения: Расчёт изменения внутренней энергии, энтальпии, энтропии для идеального газа. Расчёт средних скоростей и энергий по распределениям Максвелла – Больцмана.

Тема 2: Основы гидродинамики и теплообмена

Вопросы для обсуждения: Расчёт поля скоростей и давлений по уравнению Бернулли. Определение числа Рейнольдса и режима течения. Расчёт стационарной и нестационарной теплопроводности. Расчёт теплоотдачи по критериальным уравнениям.

Тема 3: Теплофизические свойства и фазовые равновесия

Вопросы для обсуждения: Расчёт капиллярного давления.

Тема 4: Газодинамика с теплообменом и химическими превращениями

Вопросы для обсуждения: Расчёт коэффициентов теплоотдачи при кипении и конденсации. Моделирование теплообмена в каналах. Решение задач на газодинамику с химическими реакциями.

Тема 5: Тепловые процессы в активных и неравновесных средах

Вопросы для обсуждения: Оценка термоакустических эффектов. Расчёт скорости волны горения и детонации. Расчёт нагрева при лазерном облучении.

Тема 6: Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах

Вопросы для обсуждения: Расчёт тепловых нагрузок в камерах сгорания и соплах. Оценка термических напряжений. Инженерный расчёт систем охлаждения.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов. Основы гидродинамики и теплообмена. Теплофизические свойства и фазовые равновесия. Газодинамика с теплообменом и химическими

превращениями. Тепловые процессы в активных и неравновесных средах. Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоёмких производствах.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт изменения внутренней энергии, энтальпии и энтропии в процессах с газом. Моделирование теплообмена при кипении, конденсации, в каналах. Оценка термоакустических эффектов, скорости волны горения, взаимодействия лазерного излучения со средой. Расчёт тепловых нагрузок, термических напряжений, систем охлаждения.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Механизмы теплопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение. Тепломассообмен при кипении и конденсации. Двухфазные потоки. Газодинамика с химическими реакциями. Термические напряжения. Инженерные методы расчёта тепловых режимов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой	Оценочные средства по этапам формирования

	компетенции (или ее части)	компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов	ПК-1.1	Тестирование
Основы гидродинамики и теплообмена	ПК-1.1	Тестирование
Теплофизические свойства и фазовые равновесия	ПК-1.1	Тестирование
Гидрогазодинамика с теплообменом и химическими превращениями	ПК-1.1	Тестирование
Тепловые процессы в активных и неравновесных средах	ПК-1.1	Тестирование
Прикладные аспекты тепловых процессов в наукоемких производствах	ПК-1.1	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 «Термодинамические основы и кинетическая теория жидкостей и газов»

1. Какая величина является мерой хаотичности (неупорядоченности) термодинамической системы?

- а) Внутренняя энергия
- б) Энтальпия
- в) Энтропия
- г) Свободная энергия

2. Какое начало термодинамики утверждает, что невозможно передать тепло от более холодного тела к более горячему без совершения работы?

- а) Первое
- б) Второе
- в) Третье
- г) Нулевое

3. Что выражает уравнение состояния идеального газа?

- а) Зависимость внутренней энергии от температуры
- б) Связь между давлением, объемом и температурой
- в) Изменение энтропии в изотермическом процессе
- г) Теплоёмкость газа при постоянном давлении

4. Как называется функция состояния, изменение которой в обратимом процессе равно приведённому количеству теплоты?

- а) Энтальпия
- б) Свободная энергия Гельмгольца
- в) Энтропия
- г) Потенциал Гиббса

5. В кинетической теории газов распределение Максвелла описывает:

- а) Распределение молекул по координатам
- б) Распределение молекул по скоростям

- в) Распределение молекул по энергиям взаимодействия
 - г) Распределение плотности газа в поле тяжести
6. **Какая из перечисленных величин не зависит от пути процесса?**
- а) Теплота
 - б) Работа
 - в) Внутренняя энергия
 - г) Количество теплоты при изобарном нагреве
7. **Флуктуации в термодинамической системе – это:**
- а) Самопроизвольные отклонения параметров от средних значений
 - б) Необратимые процессы
 - в) Вынужденные колебания молекул
 - г) Фазовые переходы
8. **Какой процесс описывается уравнением Пуассона ($pV^\gamma = \text{const}$)?**
- а) Изотермический
 - б) Изобарный
 - в) Адиабатный
 - г) Изохорный
9. **Модель идеальной жидкости предполагает:**
- а) Отсутствие вязкости и теплопроводности
 - б) Наличие только вязкости
 - в) Сжимаемость и теплопроводность
 - г) Наличие поверхностного натяжения
10. **Что такое броуновское движение?**
- а) Упорядоченное движение молекул в поле силы тяжести
 - б) Тепловое движение взвешенных частиц под действием ударов молекул
 - в) Движение молекул при фазовом переходе
 - г) Ламинарное течение жидкости
11. **Второе начало термодинамики для изолированной системы утверждает, что энтропия:**
- а) Убывает
 - б) Не изменяется
 - в) Возрастает или остается постоянной
 - г) Равна нулю
12. **Распределение Больцмана описывает:**
- а) Распределение молекул по скоростям в равновесном газе
 - б) Распределение концентрации частиц в потенциальном поле
 - в) Зависимость давления от высоты в изотермической атмосфере
 - г) Верны ответы б) и в)
13. **Что такое внутренняя энергия идеального газа?**
- а) Сумма кинетической и потенциальной энергии всех молекул
 - б) Только кинетическая энергия поступательного движения молекул
 - в) Сумма кинетической энергии поступательного, вращательного и колебательного движения
 - г) Потенциальная энергия взаимодействия молекул
14. **Формула для средней квадратичной скорости молекул идеального газа:**
- а) $\sqrt{3RT/M}$
 - б) $\sqrt{2RT/M}$
 - в) $\sqrt{8RT/(\pi M)}$
 - г) $\sqrt{RT/M}$
15. **Какое утверждение соответствует третьему началу термодинамики?**
- а) Энтропия идеального кристалла при абсолютном нуле равна нулю
 - б) Невозможно достичь абсолютного нуля температур

в) При $T \rightarrow 0$ теплоёмкость стремится к нулю

г) Все перечисленные

16. Свободная энергия Гельмгольца (F) определяется как:

а) $U - TS$

б) $H - TS$

в) $U + pV$

г) $G + pV$

17. Молекулы идеального газа находятся в непрерывном хаотическом движении, при этом:

а) Потенциальная энергия взаимодействия пренебрежимо мала

б) Столкновения молекул абсолютно упруги

в) Объём молекул пренебрежимо мал по сравнению с объёмом сосуда

г) Все утверждения верны

18. Что характеризует функция распределения Максвелла $f(v)$?

а) Долю молекул, скорости которых лежат в интервале от v до $v+dv$

б) Вероятность того, что молекула имеет скорость v

в) Число молекул в единице объёма со скоростью v

г) Вероятность того, что молекула имеет кинетическую энергию E

19. Энтальпия (H) наиболее удобна для описания процессов, протекающих при:

а) Постоянном объёме

б) Постоянном давлении

в) Постоянной температуре

г) Адиабатных условиях

20. В кинетической теории газов средняя длина свободного пробега молекул обратно пропорциональна:

а) Квадрату диаметра молекул и концентрации

б) Концентрации молекул

в) Давлению газа

г) Корню квадратному из температуры

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Сформулируйте первое, второе и третье начала термодинамики. Каков их физический смысл применительно к газообразным и жидким средам?

2. Дайте определения внутренней энергии, энтальпии, энтропии и свободной энергии Гельмгольца. В каких процессах изменение какой функции наиболее удобно использовать?

3. Выведите уравнение состояния идеального газа. Каковы границы его применимости?

4. Запишите и поясните уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа. Что такое критическое состояние?

5. Сравните модели идеальной жидкости и реальной жидкости. Какие упрощения вводятся в каждом случае?

6. Что такое распределение Максвелла? Как с его помощью найти наиболее вероятную, среднюю и среднеквадратичную скорости молекул?

7. Сформулируйте закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле. Приведите примеры его применения.

8. Дайте определение флуктуациям. Каков относительный порядок величины флуктуаций энергии и плотности в макроскопических системах?

9. Запишите уравнение неразрывности для сжимаемой и несжимаемой жидкости. Объясните его физический смысл.

10. Выведите уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Какие допущения при этом принимаются?
11. Запишите уравнение Навье – Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Поясните физический смысл каждого члена.
12. Дайте определение числа Рейнольдса. Как оно используется для определения режима течения (ламинарный, турбулентный)?
13. Сформулируйте закон Фурье для теплопроводности. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
14. Опишите основные механизмы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение. Приведите примеры.
15. Запишите уравнение энергии (теплопроводности) для неподвижной среды. Как оно выводится?
16. В чём заключается аналогия Рейнольдса между переносом импульса и тепла?
17. Постройте и объясните фазовую диаграмму для однокомпонентного вещества (области существования фаз, тройная точка, критическая точка).
18. Сформулируйте уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Для каких целей оно используется?
19. Что такое поверхностное натяжение? Как оно связано с капиллярными явлениями (подъём жидкости в капилляре, смачивание)?
20. Опишите теплообмен при кипении и конденсации. От каких факторов зависят коэффициенты теплоотдачи?
21. Что такое двухфазный поток? Приведите примеры и основные характеристики (газ-жидкость, газ-твёрдые частицы).
22. Объясните механизмы горения и детонации газовзвесей. Чем отличается горение от детонации?
23. Каковы особенности тепловых процессов в низкотемпературной плазме? Приведите примеры применения.
24. Опишите взаимодействие лазерного излучения с газом и жидкостью (теплопроводность, термокапиллярные явления, пробой).
25. Приведите примеры инженерных методов расчёта тепловых режимов высокотехнологичного оборудования (системы охлаждения, термостатирования).

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать	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. Попкова, Е. А. Основы молекулярной теплофизики. Газовое и жидкое состояние вещества: учебное пособие для вузов / Е. А. Попкова. — Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 156 с. — ISBN 978-5-507-51453-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/450812>

Дополнительная литература:

1. Иванов, В. К. Физика. Молекулярная физика: учебное пособие для вузов / В. К. Иванов.

— Санкт-Петербург: Лань, 2025. — 200 с. — ISBN 978-5-507-51478-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/450839>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

2. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Введение в теорию электроракетных двигателей».

Цель изучения дисциплины:

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: место электроракетных двигателей в современной космонавтике, их классификацию, физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях, принципы работы ионных, электротермических и плазменных двигателей, особенности систем электропитания и управления, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования характеристик процессов с учётом требований приложений и технологий. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий в области электроракетных двигателей на основе фундаментальных знаний, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики рабочих процессов, обосновывать выбор типа двигателя и параметров для конкретных космических приложений. Владеть: навыками анализа физических процессов в электроракетных двигателях, методами расчёта параметров ускорения и тяги, способами выбора систем электропитания и управления, приёмами обоснования технологических решений для обеспечения эффективности и надёжности двигательных установок.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Введение в теорию электроракетных двигателей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике	Место и роль электроракетных двигателей среди других типов ракетных двигателей. Основные области применения: коррекция орбиты, стабилизация, межпланетные перелёты, маневрирование спутников.
2.	Классификация электроракетных двигателей	Основные классов электроракетных двигателей по механизму ускорения рабочего тела: электротермические, электростатические и электромагнитные, также называемые плазменными.
3.	Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях	Поведение заряженной частицы в электрических и магнитных полях. Механизмы газоразрядной и контактной ионизации рабочего тела, таких как ксенон, цезий, аргон. Понятие плазмы и методы её диагностики.
4.	Электростатический, или ионный, двигатель	Принцип действия. Схема двигателя, включающая катод, анод, ионизатор и ускоряющую систему. Процесс ионизации рабочего тела, извлечение и ускорение ионов, нейтрализация ионного пучка. Основные параметры: тяга, удельный импульс, ресурс, эрозия.
5.	Электротермические	Общий принцип – электронагрев рабочего тела с

	двигатели, включая резистивные, дуговые и термические	последующим его истечением через сопло. Особенности электродугового нагрева. Применение для задач коррекции орбиты.
6.	Электромагнитные, или плазменные, двигатели	Основные типы: двигатели с замкнутым дрейфом электронов, магнитоплазодинамические двигатели и импульсные плазменные двигатели. Физические процессы ускорения плазмы в скрещенных электрическом и магнитном полях.
7.	Системы электропитания и управления электроракетными двигателями	Взаимодействие электроракетных двигателей с бортовой энергосистемой космического аппарата. Роль солнечных батарей и радиоизотопных генераторов. Системы управления тягой и расходом рабочего тела.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике

Вопросы для обсуждения: Преимущества электроракетных двигателей перед химическими: высокий удельный импульс, экономия рабочего тела. Основные области применения: коррекция орбиты, межпланетные перелёты, стабилизация спутников. Ограничения: низкая тяга, высокое энергопотребление, ограниченный ресурс.

Тема 2: Классификация электроракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Классификация по механизму ускорения: электротермические, электростатические. Достоинства и недостатки каждого класса.

Тема 3: Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Вопросы для обсуждения: Движение частицы в электрическом поле: равноускоренное. Способы ионизации рабочего тела: газоразрядная, контактная ионизация. Основные параметры плазмы: температура, плотность, степень ионизации.

Тема 4: Электростатический, или ионный, двигатель

Вопросы для обсуждения: Схема: ионизатор, ускоряющая сетка, нейтрализатор. Ионизация электронным ударом, ускорение ионов электростатическим полем. Основные параметры: тяга, удельный импульс, ресурс, эрозия сеток.

Тема 5: Электротермические двигатели, включая резистивные, дуговые и термические

Вопросы для обсуждения: Принцип: электронагрев рабочего тела с последующим истечением через сопло. Типы: резистивный (нагрев сопротивлением), дуговой (электрическая дуга). Применение: коррекция орбиты, удержание позиции спутника.

Тема 6: Электромагнитные, или плазменные, двигатели

Вопросы для обсуждения: Основные типы: стационарный плазменный двигатель (замкнутый дрейф электронов), магнитоплазодинамический двигатель, импульсный плазменный двигатель.

Тема 7: Системы электропитания и управления электроракетными двигателями

Вопросы для обсуждения: Источники энергии: солнечные батареи, радиоизотопные генераторы. Согласование двигателя с бортовой энергосистемой.

Рекомендуемая тематика *практических* занятий:

Тема 1: Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике

Вопросы для обсуждения: Анализ космических миссий с электроракетными двигателями. Расчёт времени работы двигателя для коррекции орбиты. Оценка выигрыша в массе полезной нагрузки.

Тема 2: Классификация электроракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Сравнение электротермических, электростатических и электромагнитных двигателей по тяге, удельному импульсу, ресурсу, энергопотреблению. Выбор типа двигателя для заданной задачи.

Тема 3: Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости иона по ускоряющему напряжению. Расчёт ларморовского радиуса. Расчёт дрейфовой скорости $E \times B$. Оценка степени ионизации по току и давлению.

Тема 4: Электростатический, или ионный, двигатель

Вопросы для обсуждения: Расчёт тяги, удельного импульса, ресурса по эрозии сеток. Построение вольт-амперной характеристики ионного источника.

Тема 5: Электротермические двигатели, включая резистивные, дуговые и термические

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости истечения по температуре нагрева. Расчёт КПД электротермического двигателя. Выбор рабочего тела.

Тема 6: Электромагнитные, или плазменные, двигатели

Вопросы для обсуждения: Расчёт удельного импульса по разрядному напряжению. Расчёт тяги по массовому расходу и скорости истечения. Анализ эрозии канала двигателя.

Тема 7: Системы электропитания и управления электроракетными двигателями

Вопросы для обсуждения: Расчёт требуемой мощности солнечных батарей. Расчёт времени работы от запаса рабочего тела. Алгоритм регулировки тяги для точной коррекции орбиты.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам:
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам:
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам:

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике	ПК-1	Тестирование
Классификация электроракетных двигателей	ПК-1	Тестирование
Физические основы ускорения заряженных частиц в электрических и магнитных полях	ПК-1	Тестирование
Электростатический, или ионный, двигатель	ПК-1	Тестирование
Электротермические двигатели, включая резистивные, дуговые и термические	ПК-1	Тестирование
Электромагнитные, или плазменные, двигатели	ПК-1	Тестирование
Системы электропитания и управления электроракетными двигателями	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение. Место электроракетных двигателей в современной космонавтике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Какое основное преимущество электроракетных двигателей (ЭРД) перед химическими ракетными двигателями?**
 - а) Высокая тяга
 - б) Высокий удельный импульс
 - в) Возможность работы в атмосфере
 - г) Простота конструкции
2. **В каком диапазоне значений обычно находится удельный импульс современных электроракетных двигателей?**
 - а) 50–100 секунд
 - б) 200–400 секунд
 - в) 1000–5000 секунд
 - г) 10000–50000 секунд
3. **Какая из перечисленных космических задач является наиболее эффективной для применения электроракетных двигателей?**
 - а) Запуск спутника с поверхности Земли
 - б) Коррекция орбиты геостационарного спутника
 - в) Посадка на Луну
 - г) Выход на низкую опорную орбиту
4. **Почему электроракетные двигатели не используются для запуска ракет с Земли?**
 - а) Слишком высокий удельный импульс
 - б) Низкая тяга, неспособная преодолеть силу тяжести
 - в) Высокая стоимость рабочего тела
 - г) Невозможность работы в вакууме
5. **Какой параметр электроракетного двигателя характеризует его топливную экономичность?**
 - а) Тяга
 - б) Мощность
 - в) Удельный импульс
 - г) Ресурс
6. **Какое из перечисленных применений электроракетных двигателей является наиболее распространённым на сегодняшний день?**
 - а) Межпланетные перелёты
 - б) Коррекция орбиты геостационарных спутников (station-keeping)
 - в) Пилотируемые полёты к Марсу
 - г) Запуск малых спутников
7. **Какой тип рабочего тела чаще всего используется в электроракетных двигателях?**
 - а) Водород
 - б) Керосин
 - в) Ксенон
 - г) Вода
8. **Что ограничивает ресурс электроракетного двигателя?**
 - а) Запас топлива
 - б) Эрозия электродов и ускоряющих элементов
 - в) Срок службы солнечных батарей
 - г) Емкость аккумуляторов
9. **В какой миссии впервые был использован ионный двигатель в качестве основного движителя?**
 - а) Вояджер-1
 - б) Deep Space 1

- в) Аполлон-11
 - г) Союз
10. **Какое преимущество электроракетных двигателей позволяет значительно сократить массу топлива при межпланетных перелётах?**
- а) Высокая тяга
 - б) Малый расход рабочего тела при высоком удельном импульсе
 - в) Низкое энергопотребление
 - г) Простота конструкции
11. **Какую роль выполняют электроракетные двигатели на геостационарных спутниках связи?**
- а) Обеспечивают питание спутника
 - б) Корректируют орбиту для удержания позиции
 - в) Служат резервным источником энергии
 - г) Обеспечивают связь с Землёй
12. **Что является основным ограничением для использования электроракетных двигателей в пилотируемой космонавтике?**
- а) Низкий удельный импульс
 - б) Очень низкая тяга, не позволяющая быстро маневрировать
 - в) Высокая температура выхлопа
 - г) Отсутствие рабочих тел
13. **Как электроракетные двигатели получают электроэнергию на борту космического аппарата?**
- а) От химических батарей
 - б) От солнечных батарей или радиоизотопных генераторов
 - в) От ядерного реактора
 - г) От термоэлектрических генераторов
14. **Какой параметр электроракетного двигателя характеризует его способность создавать ускоряющую силу?**
- а) Удельный импульс
 - б) Мощность
 - в) Тяга
 - г) КПД
15. **Какое основное преимущество электроракетных двигателей для межпланетных миссий?**
- а) Возможность быстрого разгона
 - б) Возможность длительной работы с малым расходом рабочего тела
 - в) Низкая стоимость
 - г) Отсутствие движущихся частей
16. **Каков типичный уровень тяги современных электроракетных двигателей?**
- а) Десятки ньютонов
 - б) Единицы ньютонов
 - в) Миллиньютонны
 - г) Меганьютонны
17. **Что означает термин «электроракетный двигатель»?**
- а) Двигатель, использующий электричество для нагрева или ускорения рабочего тела
 - б) Двигатель, работающий на электричестве без рабочего тела
 - в) Двигатель, использующий электрические разряды для зажигания химического топлива
 - г) Электромотор, вращающий винт
18. **В чём состоит недостаток очень низкой тяги электроракетных двигателей?**
- а) Невозможность использовать в космосе
 - б) Длительное время разгона до необходимой скорости

в) Высокий расход рабочего тела

г) Сложность управления

19. Какой тип электроракетного двигателя имеет самый высокий достигнутый удельный импульс?

а) Резистивный

б) Дуговой

в) Ионный

г) Стационарный плазменный

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Назовите основные преимущества и ограничения электроракетных двигателей по сравнению с химическими ракетными двигателями.
2. В каких космических задачах применение электроракетных двигателей наиболее эффективно и почему?
3. По какому признаку классифицируются электроракетные двигатели? Охарактеризуйте основные классы (электротермические, электростатические, электромагнитные).
4. Опишите поведение заряженной частицы в однородном электрическом поле и в однородном магнитном поле.
5. Объясните физический смысл дрейфа $E \times B$ в скрещенных электрическом и магнитном полях.
6. Какие способы ионизации рабочего тела используются в электроракетных двигателях? В чём их различие?
7. Что такое плазма? Каковы основные параметры плазмы в электроракетных двигателях?
8. Нарисуйте принципиальную схему электростатического (ионного) двигателя и поясните назначение каждого элемента.
9. Как в ионном двигателе происходит ионизация, извлечение и ускорение ионов? Для чего нужен нейтрализатор?
10. Каковы основные параметры ионного двигателя (тяга, удельный импульс, ресурс, эрозия сеток) и от каких факторов они зависят?
11. Объясните общий принцип работы электротермических двигателей. Чем отличаются резистивный и дуговой электротермические двигатели?
12. Для каких задач обычно применяются электротермические двигатели? Сравните их характеристики с ионными двигателями.
13. Назовите основные типы электромагнитных (плазменных) двигателей. Поясните принцип работы стационарного плазменного двигателя.
14. В чём заключается роль замкнутого дрейфа электронов в стационарном плазменном двигателе?
15. Каковы особенности и области применения импульсных плазменных двигателей?
16. Какие источники электроэнергии используются для питания электроракетных двигателей на борту космических аппаратов?
17. Как осуществляется управление тягой электроракетного двигателя и дозирование расхода рабочего тела?
18. Почему электроракетные двигатели не могут использоваться для старта с поверхности Земли?
19. Как оценить выигрыш в массе полезной нагрузки при замене химического двигателя на электроракетный?
20. Приведите примеры реальных космических миссий, в которых были успешно применены электроракетные двигатели (ионные или плазменные).

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворяет	Репродуктивная	Изложение в пределах задач курса	удовлетворительн		55-70

ельны й (достат очный)	деятельность	теоретически и практически контролируемого материала	о		
Недост аточн ый	Отсутствие	признаков удовлетворительного уровня	неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

Аверьянов, А. П. Введение в ракетно-космическую технику: в 2 т. Т. 1. Общие сведения. Космодромы. Наземные средства контроля и управления ракетами и космическими аппаратами. Ракеты: учебное пособие / А. П. Аверьянов. — 2-е изд. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. — 380 с. — Текст электронный // Znanium : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/427928?utm_source=search&utm_medium=ai_snippet&utm_campaign=snippet_2026_06&utm_content=source_list

Дополнительная литература:

Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1720-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

3. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Физика плазмы».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физических свойствах, закономерностях поведения и методах диагностики плазмы, а также практических навыков применения плазменных технологий для решения задач в области прикладной физики наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов.	Знать: основы физики плазмы, движение частиц в полях, гидродинамическое и кинетическое описание, устойчивость, диагностику, способы генерации и типы плазменных устройств. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий с использованием плазменных процессов и устройств на основе фундаментальных знаний физики плазмы, обосновывать выбор методов генерации, диагностики и управления плазмой для решения конкретных технологических задач, прогнозировать характеристики плазменных процессов. Владеть: навыками анализа физических процессов в плазме, методами гидродинамического и кинетического описания, способами диагностики плазмы, приёмами применения плазменных устройств в технологических приложениях, а также навыками обоснования технологических решений с учётом требований конкретных задач.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика плазмы» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в физику плазмы	Определение плазмы, её квазинейтральность, коллективные взаимодействия. Степень ионизации, слабо- и сильноионизованная плазма. Основные параметры плазмы: концентрация, температура, дебаевский радиус, ленгмюровская частота, плазменная бета. Критерий идеальности плазмы. Области существования и применения плазмы.
2.	Движение заряженных частиц в полях	Движение одиночной заряженной частицы в однородных электрическом и магнитном полях: равноускоренное движение, ларморовское вращение, дрейфовые движения. Дрейф в скрещенных электрическом и магнитном полях ($E \times B$ -дрейф). Адиабатические инварианты и их нарушение. Дрейф в неоднородных полях.
3.	Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы	Уравнения магнитной гидродинамики (уравнение непрерывности, движения, индукции). Магнитное давление и натяжение. МГД-волны. Кинетическое описание: функция распределения, уравнение Власова. Учёт столкновений. Приближение двухжидкостной гидродинамики.
4.	Равновесие и устойчивость плазмы	Равновесие плазмы в магнитном поле. Основные типы неустойчивостей плазмы: гидродинамические и кинетические. Методы стабилизации неустойчивостей.
5.	Диагностика плазмы	Пассивные методы диагностики: регистрация излучения. Активные методы: зондовые измерения. Интерферометрия и рефрактометрия. Томография,

		методы селективного возбуждения. Особенности диагностики низкотемпературной и высокотемпературной плазмы.
6.	Генерация плазмы и типы плазменных устройств	Газовые разряды для получения плазмы. Ионизация ударной волной. Плазменные ускорители: плазмотроны, ионные источники. Плазменные двигатели. Термоядерные установки. Плазма в микроэлектронике.
7.	Прикладные аспекты физики плазмы	Плазменные технологии в обработке материалов. Плазменные источники света. Плазменная медицина. Применение плазмы в источниках тока и в системах очистки газов. Использование свойств плазмы в космической технике.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в физику плазмы

Вопросы для обсуждения: Определение плазмы, квазинейтральность, коллективные взаимодействия. Основные параметры: концентрация, температура, дебаевский радиус, ленгмюровская частота. Классификация плазмы по степени ионизации и идеальности. Области применения.

Тема 2: Движение заряженных частиц в полях

Вопросы для обсуждения: Движение в электрическом поле (равноускоренное).

Тема 3: Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы

Вопросы для обсуждения: Уравнения магнитной гидродинамики (МГД): непрерывности, движения, индукции.

Тема 4: Равновесие и устойчивость плазмы

Вопросы для обсуждения: Равновесие плазмы в магнитном поле. Основные неустойчивости: гидродинамические и кинетические. Методы стабилизации.

Тема 5: Диагностика плазмы

Вопросы для обсуждения: Пассивные методы: спектроскопия. Активные методы: зондовые измерения.

Тема 6: Генерация плазмы и типы плазменных устройств

Вопросы для обсуждения: Газовые разряды. Плазменные ускорители и двигатели.

Тема 7: Прикладные аспекты физики плазмы

Вопросы для обсуждения: Плазменные технологии обработки материалов.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в физику плазмы

Вопросы для обсуждения: Определение степени ионизации.

Тема 2: Движение заряженных частиц в полях

Вопросы для обсуждения: Расчёт ларморовского радиуса, циклотронной частоты, скорости иона в электрическом поле.

Тема 3: Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы

Вопросы для обсуждения: Анализ дисперсионного соотношения для магнитозвуковых волн.

Тема 4: Равновесие и устойчивость плазмы

Вопросы для обсуждения: Оценка роста желобковой неустойчивости.

Тема 5: Диагностика плазмы

Вопросы для обсуждения: Интерпретация спектральных линий.

Тема 6: Генерация плазмы и типы плазменных устройств

Вопросы для обсуждения: Расчёт мощности ионизации в разряде. Сравнение характеристик стационарного плазменного двигателя и ионного двигателя.

Тема 7: Прикладные аспекты физики плазмы

Вопросы для обсуждения: Расчёт глубины проплавления при плазменной резке. Решение задач на плазменное напыление.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение в физику плазмы. Движение заряженных частиц в полях. Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы. Равновесие и устойчивость плазмы. Диагностика плазмы. Генерация плазмы и типы плазменных устройств. Прикладные аспекты физики плазмы.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт дебаевского радиуса и ленгмюровской частоты. Расчёт ларморовского радиуса, циклотронной частоты, дрейфовой скорости. Расчёт мощности ионизации в разряде, сравнение характеристик плазменных двигателей. Расчёт глубины проплавления при плазменной резке.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные параметры и свойства плазмы. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Уравнения магнитной гидродинамики, вращательность магнитного поля, магнитогидродинамические волны. Неустойчивости плазмы и методы стабилизации. Методы диагностики плазмы. Типы газовых разрядов и плазменных устройств. Применение плазмы в технологиях.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в физику плазмы	ПК-1.1	Тестирование
Движение заряженных частиц в полях	ПК-1.1	Тестирование
Гидродинамическое и кинетическое описание плазмы	ПК-1.1	Тестирование
Равновесие и устойчивость плазмы	ПК-1.1	Тестирование
Диагностика плазмы	ПК-1.1	Тестирование
Генерация плазмы и типы плазменных устройств	ПК-1.1	Тестирование
Прикладные аспекты физики плазмы	ПК-1.1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в физику плазмы»

1. **Что такое плазма?**
 - а) Ионизированный газ, в котором суммарный положительный и отрицательный заряды приблизительно равны
 - б) Любой газ, содержащий свободные электроны
 - в) Газ, нагретый до температуры выше 1000 °С
 - г) Частично ионизированный газ с малой плотностью зарядов
2. **Какое свойство плазмы называется квазинейтральностью?**
 - а) Равенство числа электронов и ионов во всем объеме
 - б) Примерное равенство концентраций положительных и отрицательных зарядов в макроскопических масштабах
 - в) Отсутствие электрического поля внутри плазмы
 - г) Полное отсутствие свободных зарядов

3. **Что такое дебаевский радиус?**
- а) Характерный размер, на котором экранируется электрическое поле отдельного заряда в плазме
 - б) Радиус иона в плазме
 - в) Расстояние между двумя электронами
 - г) Длина свободного пробега электрона
4. **Какой параметр характеризует ленгмюровская частота?**
- а) Частоту столкновений электронов с ионами
 - б) Собственную частоту колебаний электронов в плазме относительно ионов
 - в) Частоту вращения электронов в магнитном поле
 - г) Частоту ионизации нейтральных атомов
5. **При каком условии плазма считается идеальной?**
- а) Когда число частиц в дебаевской сфере много больше единицы
 - б) Когда температура плазмы выше 10000 К
 - в) Когда степень ионизации близка к 100%
 - г) Когда концентрация зарядов очень мала
6. **Что такое степень ионизации плазмы?**
- а) Отношение числа ионизованных частиц к общему числу частиц
 - б) Отношение числа электронов к числу ионов
 - в) Отношение температуры электронов к температуре ионов
 - г) Отношение концентрации электронов к дебаевскому радиусу
7. **Какая плазма называется слабоионизованной?**
- а) Степень ионизации менее 1%
 - б) Степень ионизации более 50%
 - в) Степень ионизации 100%
 - г) Концентрация электронов меньше 10^{10} см^{-3}
8. **Какой критерий определяет идеальность плазмы?**
- а) Средняя кинетическая энергия частиц много больше энергии кулоновского взаимодействия
 - б) Дебаевский радиус много больше среднего расстояния между частицами
 - в) Температура электронов равна температуре ионов
 - г) Плазма не содержит нейтральных атомов
9. **Какие коллективные взаимодействия характерны для плазмы?**
- а) Одновременное движение большого числа заряженных частиц, приводящее к колебаниям и волнам
 - б) Только парные столкновения
 - в) Только взаимодействие с внешними полями
 - г) Отсутствие взаимодействия между частицами
10. **Что такое ленгмюровские колебания?**
- а) Высокочастотные колебания электронов в плазме
 - б) Низкочастотные колебания ионов
 - в) Электромагнитные волны в плазме
 - г) Колебания магнитного поля
11. **Какая область применения плазмы НЕ относится к высокотемпературной плазме?**
- а) Термоядерный синтез
 - б) Газоразрядные лампы
 - в) Астрофизические объекты (звезды)
 - г) Плазменные ускорители в космосе
12. **Каков типичный дебаевский радиус в лабораторной плазме газового разряда?**
- а) 1–10 мкм
 - б) 1–10 мм

- в) 1–10 см
г) 1–10 м
13. **Что такое критическая плотность плазмы для отражения радиоволн частотой ω ?**
а) Плотность, при которой ленгмюровская частота равна частоте волны
б) Плотность, при которой дебаевский радиус равен длине волны
в) Плотность, при которой плазма становится полностью ионизованной
г) Плотность, при которой затухание волны максимально
14. **Какой порядок температур характерен для термоядерной плазмы в токамаках?**
а) $10^3 - 10^4$ К
б) $10^7 - 10^8$ К
в) $10^5 - 10^6$ К
г) 300 К
15. **Что такое плазменная бета (β)?**
а) Отношение давления плазмы к давлению магнитного поля
б) Отношение температуры электронов к температуре ионов
в) Степень ионизации плазмы
г) Дебаевский радиус, нормированный на межчастичное расстояние

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение плазмы. Каковы её основные свойства (квазинейтральность, коллективные взаимодействия)?
2. Что такое дебаевский радиус и ленгмюровская частота? В чём их физический смысл?
3. Как классифицируют плазму по степени ионизации и по параметру идеальности?
4. Опишите движение заряженной частицы в однородных электрическом и магнитном полях.
5. Что такое ларморовское вращение? Запишите выражения для циклотронной частоты и ларморовского радиуса.
6. Объясните дрейф заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях ($E \times B$ -дрейф).
7. Что такое адиабатические инварианты в физике плазмы? Приведите примеры.
8. Запишите основные уравнения магнитной гидродинамики (МГД) и поясните их физический смысл.
9. В чём заключается эффект вмороженности магнитного поля в плазму?
10. Какие типы волн существуют в плазме в рамках МГД-приближения (альфвеновские, магнитозвуковые)?
11. Опишите кинетический подход к описанию плазмы (функция распределения, уравнение Власова).
12. Что такое пинч-эффект? Поясните равновесие плазмы в Z-пинче и токамаке.
13. Какие неустойчивости характерны для плазмы? Назовите основные типы (гидродинамические и кинетические).
14. Как можно стабилизировать неустойчивости плазмы?
15. Перечислите основные методы диагностики плазмы (пассивные и активные).
16. Как работает ленгмюровский зонд? Что можно измерить с его помощью?
17. Какие способы генерации плазмы существуют (газовые разряды, ВЧ- и СВЧ-разряды, ударная ионизация)?
18. Назовите основные типы плазменных устройств (плазмотроны, ионные двигатели, стационарные плазменные двигатели, токамаки).
19. Приведите примеры применения плазмы в технологиях обработки материалов, в медицине, в космической технике.

20. В чём заключаются особенности низкотемпературной и высокотемпературной плазмы? Где они используются?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику	хорошо		71-85

		применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы. Том 1. Основы физики плазмы: учебное пособие для вузов / И. А. Котельников. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2026. — 400 с. — ISBN 978-5-507-56031-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/508774>

Дополнительная литература:

1. Рожанский, В. А. Теория плазмы: учебное пособие для вузов / В. А. Рожанский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1233-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/210770#2>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления

образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

4. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Теория надежности и практика испытаний двигателей космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических компетенций в области теории надежности, методов испытаний и прогнозирования ресурса двигателей космических аппаратов, необходимых для обеспечения безопасности, эффективности и длительной эксплуатации ракетно-космической техники, с учетом физических основ отказов и системного подхода к управлению надежностью на всех этапах жизненного цикла изделий.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов.	Знать: роль надёжности в ракетно-космической технике, физические основы отказов двигателей, количественные характеристики и математические модели надёжности, методы организации

основе фундаментальных знаний.	ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	испытаний, ускоренные испытания и прогнозирование ресурса, подходы к анализу отказов и послеаварийной диагностике, системные методы обеспечения надёжности. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий с учётом требований к надёжности, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов отказов и деградации с учётом требований приложений и технологий, обосновывать выбор методов испытаний и диагностики для обеспечения заданного ресурса. Владеть: навыками применения математических моделей надёжности, методами организации и проведения испытаний, способами прогнозирования ресурса, приёмами анализа отказов и диагностики, а также навыками системного подхода к обеспечению надёжности двигателей.
ПК-3. Способен разрабатывать материалы и иные средства на основе социально-экономического подхода, в том числе с учетом междисциплинарных аспектов.	ПК-3.1. Формулирует задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение имеющейся проблемы с использованием социально-экономического подхода, с учетом междисциплинарных аспектов решения проблемы. ПК-3.2. Использует теоретические и практические методы разработки и проектирования для достижения поставленных задач, в том числе междисциплинарных.	Знать: роль надёжности в ракетно-космической технике, физические основы отказов двигателей, количественные характеристики и математические модели надёжности, методы организации испытаний, ускоренные испытания и прогнозирование ресурса, подходы к анализу отказов и послеаварийной диагностике, системные методы обеспечения надёжности, достаточные для формулировки задач разработки с учётом социально-экономического и междисциплинарного подходов. Уметь: формулировать задачи разработки и проектирования на основе комплексного подхода, включающего рассмотрение проблемы с использованием социально-экономического подхода и учётом междисциплинарных аспектов, использовать теоретические и практические методы для достижения поставленных задач,

		обосновывать решения по обеспечению надёжности с учётом экономической эффективности, безопасности и социальной значимости. Владеть: навыками формулировки задач в области надёжности с учётом междисциплинарных и социально-экономических аспектов, методами организации и проведения испытаний, способами прогнозирования ресурса, приёмами анализа отказов и диагностики, а также навыками системного подхода к обеспечению надёжности двигателей с учётом эксплуатационных требований и экономических факторов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория надёжности и практика испытаний двигателей космических аппаратов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Роль	Значение надёжности для космических аппаратов и

	надёжности в ракетно-космической технике	двигательных установок. Основные термины: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, ресурс. Классификация отказов. Цели и этапы обеспечения надёжности на всех стадиях жизненного цикла двигателя.
2.	Физические основы отказов двигателей	Механизмы отказов жидкостных ракетных двигателей. Физика отказов электроракетных двигателей. Материаловедческие аспекты: усталость, ползучесть, термоциклирование, коррозия, радиационное повреждение. Влияние условий космического полёта на ресурс двигателей.
3.	Количественные характеристики и математические модели надёжности	Показатели безотказности: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа. Законы распределения времени до отказа. Статистические методы оценки надёжности по данным испытаний. Резервирование и его влияние на надёжность.
4.	Методы и организация испытаний двигателей	Классификация испытаний. Этапы подготовки и проведения испытаний. Оборудование и стенды для испытаний жидкостных и электроракетных двигателей. Особенности испытаний в вакуумных камерах, имитация условий космоса. Измерение параметров: тяга, удельный импульс, давление, температура, расход рабочего тела.
5.	Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса	Принципы ускоренных испытаний. Модели ускорения: Аррениуса, Коффина-Мэнсона, Эйринга. Экстраполяция результатов ускоренных испытаний на нормальные условия. Методика планирования ускоренных ресурсных испытаний двигателей. Критерии остановки испытаний и оценки остаточного ресурса.
6.	Анализ отказов и послеаварийная диагностика	Методы расследования причин отказов: металлография, электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ. Идентификация первичного инициирующего события. Корректирующие мероприятия. Базы данных отказов и обратная связь с проектированием. Документация при расследовании.
7.	Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации	Система управления надёжностью на предприятии. Надёжность на этапах проектирования, производства и эксплуатации. Методы анализа видов и последствий отказов. Испытания на надёжность в процессе лётной эксплуатации. Практические примеры обеспечения надёжности двигателей космических аппаратов в отечественных и зарубежных программах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике

Вопросы для обсуждения: Основные термины: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, ресурс. Классификация отказов: внезапные, постепенные, конструкционные, технологические, эксплуатационные. Этапы обеспечения надёжности на стадиях жизненного цикла двигателя.

Тема 2: Физические основы отказов двигателей

Вопросы для обсуждения: Механизмы отказов жидкостных ракетных двигателей: камеры сгорания, турбонасосные агрегаты. Физика отказов электроракетных двигателей: эрозия, электрические пробои, деградация эмиттеров.

Тема 3: Количественные характеристики и математические модели надёжности

Вопросы для обсуждения: Показатели безотказности: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа. Статистические методы оценки надёжности по данным испытаний. Резервирование и его влияние на надёжность: горячее, холодное, скользящее.

Тема 4: Методы и организация испытаний двигателей

Вопросы для обсуждения: Классификация испытаний: стендовые, лётные, ресурсные, приёмочные. Особенности испытаний в вакуумных камерах. Измеряемые параметры: тяга, удельный импульс, давление, температура, расход рабочего тела.

Тема 5: Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса

Вопросы для обсуждения: Принципы ускоренных испытаний: форсирование нагрузкой, температурой. Экстраполяция результатов ускоренных испытаний на нормальные условия. Критерии остановки испытаний и оценки остаточного ресурса.

Тема 6: Анализ отказов и послеаварийная диагностика

Вопросы для обсуждения: Методы расследования: металлография, растровая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализом, рентгеноструктурный анализ. Идентификация первичного иницирующего события. Корректирующие мероприятия: доработка конструкции, изменение технологического процесса.

Тема 7: Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации

Вопросы для обсуждения: Система управления надёжностью на предприятии. Надёжность на этапах проектирования, производства и эксплуатации. Методы анализа видов и последствий отказов. Телеметрический мониторинг параметров в полёте. Примеры обеспечения надёжности двигателей в отечественных и зарубежных программах.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике

Вопросы для обсуждения: Анализ статистических данных по отказам двигателей. Классификация отказов по описаниям неисправностей. Построение структурной схемы надёжности.

Тема 2: Физические основы отказов двигателей

Вопросы для обсуждения: Анализ микрофотографий разрушенных деталей: эрозия, трещины, оплавления. Расчёт ресурса по модели усталости при термоциклировании. Определение критических узлов двигателя.

Тема 3: Количественные характеристики и математические модели надёжности

Вопросы для обсуждения: Расчёт вероятности безотказной работы и интенсивности отказов по статистическим данным. Построение гистограммы распределения наработки до отказа. Подбор закона распределения. Расчёт надёжности системы с резервированием.

Тема 4: Методы и организация испытаний двигателей

Вопросы для обсуждения: Разработка программы ресурсных испытаний. Заполнение протокола стендовых испытаний. Расчёт погрешности измерения ключевых параметров: тяга, удельный импульс.

Тема 5: Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса

Вопросы для обсуждения: Планирование ускоренных испытаний. Оценка остаточного ресурса по результатам ускоренных испытаний.

Тема 6: Анализ отказов и послеаварийная диагностика

Вопросы для обсуждения: Имитация расследования отказа: выдвижение версий, назначение анализов. Составление акта технического расследования. Разработка корректирующих мероприятий.

Тема 7: Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации

Вопросы для обсуждения: Заполнение формы анализа видов и последствий отказов. Анализ телеметрических данных при лётных испытаниях. Оценка надёжности по результатам эксплуатации.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Введение. Роль надёжности в ракетно-космической технике. Физические основы отказов двигателей. Количественные характеристики и математические модели надёжности. Методы и организация испытаний двигателей. Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса. Анализ отказов и послеаварийная диагностика. Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Классификация отказов и построение структурных схем надёжности. Расчёт вероятности безотказной работы, интенсивности отказов, средней наработки до отказа. Подбор законов распределения по статистическим данным. Расчёт надёжности системы с резервированием. Определение критических узлов двигателя по физике отказов. Разработка программы ресурсных испытаний.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные понятия надёжности. Механизмы отказов жидкостных и электроракетных двигателей. Влияние космических условий на ресурс. Показатели безотказности и законы распределения. Статистические методы оценки надёжности. Резервирование. Классификация и этапы испытаний. Ускоренные испытания. Методы анализа отказов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и 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. Роль надёжности в ракетно-космической технике	ПК-1, ПК-3	Тестирование
Физические основы отказов двигателей	ПК-1, ПК-3	Тестирование
Количественные характеристики и математические модели надёжности	ПК-1, ПК-3	Тестирование
Методы и организация испытаний двигателей	ПК-1, ПК-3	Тестирование
Ускоренные испытания и прогнозирование ресурса	ПК-1, ПК-3	Тестирование
Анализ отказов и послеаварийная диагностика	ПК-1, ПК-3	Тестирование
Системный подход к обеспечению надёжности и опыт эксплуатации	ПК-1, ПК-3	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовых заданий:

Тест по теме «Роль надёжности в ракетно-космической технике»

Инструкция: выберите один правильный ответ.

1. **Что понимается под безотказностью в теории надёжности?**

- а) Способность объекта сохранять работоспособное состояние в течение заданного времени
- б) Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени
- в) Способность объекта выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях
- г) Свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению причин возникновения отказов

2. **Какой термин обозначает свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта?**

- а) Безотказность
- б) Долговечность
- в) Ремонтопригодность
- г) Сохраняемость

3. **Что такое ресурс двигателя?**

- а) Суммарная наработка от начала эксплуатации до перехода в предельное состояние
- б) Время работы до первого отказа
- в) Количество отказов за единицу времени
- г) Вероятность безотказной работы в заданном интервале времени

4. **Как классифицируются отказы по характеру возникновения?**

- а) Механические и электрические
- б) Внезапные и постепенные
- в) Конструкционные и технологические
- г) Эксплуатационные и ресурсные

5. **Какой тип отказа связан с нарушением установленных правил и режимов эксплуатации?**

- а) Конструкционный
- б) Технологический
- в) Эксплуатационный
- г) Постепенный

6. **На каком этапе жизненного цикла двигателя закладывается его потенциальная надёжность?**

- а) Проектирование
- б) Производство
- в) Испытания
- г) Эксплуатация

7. **Почему надёжность имеет особое значение для двигателей космических аппаратов?**

- а) Из-за высокой стоимости двигателей
- б) Из-за невозможности ремонта и обслуживания в полёте
- в) Из-за сложности изготовления
- г) Из-за большого количества двигателей на одном аппарате

8. **Что характеризует ремонтпригодность?**

- а) Способность объекта противостоять отказам
- б) Приспособленность объекта к предупреждению и обнаружению отказов и устранению их последствий
- в) Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность
- г) Суммарная наработка до предельного состояния

9. **Какие отказы называются внезапными?**

- а) Возникающие в результате постепенного изменения параметров
- б) Возникающие в результате случайных резких внешних воздействий

- в) Связанные с неправильной сборкой
 - г) Связанные с нарушением правил эксплуатации
10. **Что такое сохраняемость двигателя?**
- а) Способность сохранять работоспособность в процессе хранения и транспортировки
 - б) Свойство, противоположное безотказности
 - в) Способность быстро восстанавливаться после отказа
 - г) Способность работать без технического обслуживания
11. **Какой показатель надёжности характеризует среднюю наработку между отказами?**
- а) Вероятность безотказной работы
 - б) Интенсивность отказов
 - в) Средняя наработка на отказ
 - г) Гамма-процентный ресурс
12. **На каком этапе обеспечивается надёжность через контроль качества изготовления и отбраковку дефектных деталей?**
- а) Проектирование
 - б) Производство
 - в) Испытания
 - г) Эксплуатация
13. **Что является основной целью ресурсных испытаний двигателей?**
- а) Определение максимальной тяги
 - б) Подтверждение заявленного ресурса и выявление предельных состояний
 - в) Проверка удобства монтажа
 - г) Оценка стоимости изготовления
14. **Какой закон распределения времени до отказа чаще всего описывает внезапные отказы в период нормальной эксплуатации?**
- а) Нормальное распределение
 - б) Распределение Вейбулла
 - в) Экспоненциальное распределение
 - г) Логарифмически нормальное распределение
15. **Какое из перечисленных мероприятий относится к этапу обеспечения надёжности при проектировании?**
- а) Входной контроль материалов
 - б) Расчёт запасов прочности и ресурса
 - в) Обучение эксплуатационного персонала
 - г) Мониторинг параметров в полёте

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение основным понятиям теории надёжности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, ресурс.
2. Как классифицируются отказы двигателей? Приведите примеры.
3. Каковы основные механизмы отказов жидкостных ракетных двигателей?
4. Опишите физику отказов электроракетных двигателей.
5. Какие материаловедческие аспекты влияют на ресурс двигателей?
6. Как условия космического полёта влияют на надёжность двигателей?
7. Что такое вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя наработка до отказа? Как они связаны между собой?
8. Какие законы распределения времени до отказа применяются в теории надёжности и в каких случаях?
9. Как оцениваются показатели надёжности по статистическим данным испытаний?

10. Что такое резервирование? Какие виды резервирования существуют и как они влияют на надёжность системы?
11. Перечислите и охарактеризуйте основные виды испытаний двигателей космических аппаратов.
12. Каковы этапы подготовки и проведения испытаний двигателей?
13. Какое оборудование и стенды используются для испытаний жидкостных и электроракетных двигателей? В чём особенности испытаний в вакуумных камерах?
14. Какие параметры измеряются при испытаниях двигателей?
15. В чём заключается принцип ускоренных испытаний? Какие факторы используются для форсирования?
16. Опишите физико-математические модели ускорения: Аррениуса, Коффина-Мэнсона, Эйринга.
17. Как планируются ускоренные ресурсные испытания? Как экстраполируются результаты на нормальные условия?
18. Какие методы применяются для анализа отказов и послеаварийной диагностики?
19. Что такое FMEA и FMECA? Как эти методы применяются для обеспечения надёжности двигателей?
20. Каковы особенности телеметрического мониторинга параметров двигателей в процессе лётной эксплуатации и как он используется для оценки надёжности?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать,	хорошо		71-85

	контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Сугак Е.В. Прикладная теория надежности. Ч. 2. Надежность технических систем: учебник для вузов / Е. В. Сугак. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 240 с. – ISBN 978-5-507-46747-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/221243>
2. Лукьянчик А.И. Надежность ракетно-космической техники: практикум / А. И. Лукьянчик. – Омск: ОмГТУ, 2019. – 85 с. – ISBN 978-5-8149-2896-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/149136>

Дополнительная литература:

1. Патраев В.Е., Шангина Е.А. Надежность технических систем космических аппаратов: учебное пособие / В. Е. Патраев, Е. А. Шангина. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. – 66 с. – ISBN 978-5-7638-4261-6. – Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. – URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=379836>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

5. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Жидкостные ракетные двигатели».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов фундаментальных знаний о физико-химических и газодинамических процессах в жидкостных ракетных двигателях, принципах проектирования, расчёта и экспериментальной отработки ЖРД, а также практических навыков анализа рабочих процессов и методов повышения эффективности и надёжности ЖРД для применения в наукоемких производствах ракетно-космической техники.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей, принципы работы камер сгорания и сопел, типы топлив и систем подачи, устройство и работу турбонасосных агрегатов, методы охлаждения ЖРД, принципы систем управления и регулирования, подходы к экспериментальной отработке и испытаниям, достаточные для постановки задач разработки технологий и решения прикладных задач на основе фундаментальных знаний. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий в области ЖРД на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, обосновывать выбор конструктивных и технологических решений для обеспечения требуемых параметров, прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений. Владеть: навыками расчёта и проектирования элементов ЖРД, методами анализа термодинамических и газодинамических процессов, способами выбора топливных компонентов и систем подачи,

		приёмами оценки эффективности охлаждения и управления, а также навыками планирования и проведения испытаний.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Жидкостные ракетные двигатели» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей	Принцип работы ЖРД. Уравнение реактивной тяги, удельный импульс, расходные характеристики. Термодинамические циклы. Энергетические характеристики топлив: теплота сгорания, газовая постоянная, показатель адиабаты.
2.	Камеры сгорания и сопла ЖРД	Процессы смесеобразования и горения в камере. Типы форсунок: центробежные, струйные, двухкомпонентные. Устойчивость горения. Профилирование сопла: коническое, профилированное, сопло Лаваля. Тепловые потоки в стенку камеры.
3.	Топлива и системы подачи	Компоненты ракетных топлив: окислители и горючие, включая жидкий кислород, керосин, водород, азотную кислоту, гептил и другие. Системы подачи: вытеснительная (газовая, плунжерная) и насосная. Баки и арматура.
4.	Турбонасосные агрегаты (ТНА)	Устройство и принцип работы ТНА. Газогенераторы: жидкостные, твердотопливные.

		Турбины и насосы: центробежные, шнеко-центробежные. Гидравлические и газодинамические характеристики. Регулирование расхода.
5.	Охлаждение жидкостных ракетных двигателей	Методы охлаждения: проточное, завесное, внутреннее, абляционное, радиационное. Расчет тепловых потоков. Критерии устойчивости охлаждения. Теплозащитные покрытия.
6.	Системы управления и регулирования ЖРД	Задачи управления тягой и соотношением компонентов. Клапаны, регуляторы расхода, датчики давления и температуры. Электрические, гидравлические и пневматические схемы управления. Автоматика и системы аварийной защиты.
7.	Экспериментальная отработка и испытания ЖРД	Виды испытаний: огневые стендовые, холодные продувки, ресурсные, доводочные. Измерение тяги, расхода, давления, вибраций. Наземные испытательные комплексы. Анализ результатов испытаний.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Принцип работы ЖРД и уравнение реактивной тяги. Удельный импульс как основной показатель эффективности. Термодинамические циклы и энергетические характеристики топлив. Зависимость тяги и удельного импульса от давления в камере и степени расширения сопла.

Тема 2: Камеры сгорания и сопла ЖРД

Вопросы для обсуждения: Процессы смесеобразования и горения в камере. Типы форсунок. Устойчивость горения и методы её обеспечения. Профилирование сопел. Тепловые потоки в стенку камеры.

Тема 3: Топлива и системы подачи

Вопросы для обсуждения: Компоненты ракетных топлив: окислители и горючие. Вытеснительная система подачи и её особенности. Насосная система подачи: принцип работы, преимущества. Баки, арматура и трубопроводы.

Тема 4: Турбонасосные агрегаты (ТНА)

Вопросы для обсуждения: Устройство и принцип работы ТНА. Гидравлические и газодинамические характеристики. Регулирование расхода и поддержание давления.

Тема 5: Охлаждение жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Необходимость охлаждения камеры сгорания и сопла. Методы охлаждения. Расчет тепловых потоков и выбор толщины стенки. Теплозащитные покрытия и критерии устойчивости охлаждения.

Тема 6: Системы управления и регулирования ЖРД

Вопросы для обсуждения: Задачи управления тягой и соотношением компонентов топлива. Клапаны, регуляторы расхода, датчики давления и температуры. Электрические, гидравлические и пневматические схемы управления. Автоматика и системы аварийной защиты.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания ЖРД

Вопросы для обсуждения: Виды испытаний: огневые стендовые, холодные продувки,

ресурсные, доводочные. Измерение тяги, расхода, давления, вибраций. Наземные испытательные комплексы и их оснащение. Анализ результатов испытаний и доводка конструкции.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Расчёт реактивной тяги и удельного импульса по известным параметрам. Построение зависимости тяги от давления в камере. Оценка эффективности разных топлив по удельному импульсу. Решение задач на определение оптимальной степени расширения сопла.

Тема 2: Камеры сгорания и сопла ЖРД

Вопросы для обсуждения: Расчёт критического сечения сопла по заданному расходу топлива. Определение геометрических размеров камеры и сопла. Оценка потерь на трение и рассеяние.

Тема 3: Топлива и системы подачи

Вопросы для обсуждения: Выбор компонентов топлива для заданных условий полёта. Расчёт необходимого давления вытеснительной подачи. Определение параметров насоса (напор, производительность). Расчёт потерь давления в трубопроводах.

Тема 4: Турбонасосные агрегаты (ТНА)

Вопросы для обсуждения: Расчёт потребной мощности турбины и параметров газогенератора. Определение частоты вращения вала. Расчёт напора центробежного насоса. Анализ совместной характеристики насоса и двигателя.

Тема 5: Охлаждение жидкостных ракетных двигателей

Вопросы для обсуждения: Расчёт теплового потока в стенку камеры. Определение необходимой толщины стенки и расхода охладителя. Оценка эффективности регенеративного охлаждения. Выбор материала стенки и теплозащитного покрытия.

Тема 6: Системы управления и регулирования ЖРД

Вопросы для обсуждения: Расчёт времени срабатывания клапанов и регуляторов. Построение схемы управления по заданному алгоритму. Оценка точности поддержания соотношения компонентов. Анализ устойчивости системы регулирования.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания ЖРД

Вопросы для обсуждения: Планирование программы огневых испытаний. Обработка результатов измерения тяги, расхода и давления. Оценка погрешностей измерительных каналов. Анализ виброакустических характеристик. Составление отчёта по результатам испытаний.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей. Камеры сгорания и сопла ЖРД. Топлива и системы подачи. Турбонасосные агрегаты. Охлаждение жидкостных ракетных двигателей. Системы управления и регулирования ЖРД. Экспериментальная отработка и испытания ЖРД.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт реактивной тяги и удельного импульса. Расчёт параметров камеры сгорания и сопла. Выбор компонентов топлива и расчёт систем подачи. Расчёт турбонасосного агрегата. Расчёт тепловых потоков и охлаждения. Анализ систем управления и регулирования. Планирование и обработка результатов стендовых испытаний.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Термодинамика ЖРД. Рабочие процессы в камере сгорания и сопле. Характеристики

топлив и систем подачи. Виды испытаний и обработка экспериментальных данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей	ПК-1.2	Тестирование
Камеры сгорания и сопла ЖРД	ПК-1.2	Тестирование
Топлива и системы подачи	ПК-1.2	Тестирование
Турбонасосные агрегаты (ТНА)	ПК-1.2	Тестирование
Охлаждение жидкостных ракетных двигателей	ПК-1.2	Тестирование

Системы управления и регулирования ЖРД	ПК-1.2	Тестирование
Экспериментальная отработка и испытания ЖРД	ПК-1.2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Термодинамические основы жидкостных ракетных двигателей»

1. **Какое уравнение описывает реактивную тягу жидкостного ракетного двигателя?**
 - а) $F = \dot{m} \cdot w + (p_a - p_H) \cdot F_a$
 - б) $F = \dot{m} \cdot w$
 - в) $F = (p_K - p_H) \cdot F_K$
 - г) $F = \dot{m} \cdot R \cdot T / p_K$
2. **Что такое удельный импульс ракетного двигателя?**
 - а) Тяга, отнесённая к массовому расходу топлива
 - б) Давление в камере сгорания
 - в) Степень расширения сопла
 - г) Температура продуктов сгорания
3. **Какой параметр характеризует эффективность преобразования тепловой энергии в кинетическую энергию газовой струи?**
 - а) Коэффициент полезного действия камеры
 - б) Удельный импульс
 - в) Коэффициент тяги
 - г) Газовая постоянная продуктов сгорания
4. **Какой из перечисленных параметров топлива оказывает наибольшее влияние на удельный импульс?**
 - а) Плотность
 - б) Теплота сгорания и молекулярная масса продуктов сгорания
 - в) Температура кипения
 - г) Вязкость
5. **Формула Циолковского связывает:**
 - а) Тягу и массовый расход
 - б) Скорость ракеты и скорость истечения газов
 - в) Давление в камере и расход топлива
 - г) Удельный импульс и высоту полёта
6. **Как изменяется тяга жидкостного ракетного двигателя при увеличении высоты (уменьшении наружного давления)?**
 - а) Увеличивается
 - б) Уменьшается
 - в) Не изменяется
 - г) Сначала увеличивается, затем уменьшается
7. **Что такое идеальный удельный импульс?**
 - а) Удельный импульс, рассчитанный без учёта потерь на трение и рассеяние
 - б) Удельный импульс в вакууме
 - в) Удельный импульс на уровне моря
 - г) Удельный импульс при номинальной тяге
8. **Какой термодинамический процесс наиболее близко описывает расширение газов в сопле ЖРД?**
 - а) Изотермический

- б) Изобарный
- в) Адиабатный (изоэнтروпийный)
- г) Политропный с подводом тепла

9. **Как зависит скорость истечения газов от молекулярной массы продуктов сгорания?**

- а) Обратно пропорциональна квадратному корню из молекулярной массы
- б) Прямо пропорциональна молекулярной массе
- в) Не зависит
- г) Пропорциональна квадрату молекулярной массы

10. **Что характеризует коэффициент тяги ЖРД?**

- а) Отношение действительной тяги к теоретической
- б) Отношение тяги к произведению давления в камере на площадь критического сечения
- в) Отношение удельного импульса к идеальному
- г) Отношение расхода топлива к тяге

11. **Какой показатель термодинамической эффективности рабочего тела в ЖРД является основным?**

- а) Показатель адиабаты (γ)
- б) Газовая постоянная (R)
- в) Теплоёмкость при постоянном давлении (c_p)
- г) Критическая температура

12. **При каком условии достигается максимальный удельный импульс в вакууме для заданного сопла?**

- а) При оптимальной степени расширения сопла
- б) При минимальном давлении в камере
- в) При максимальном расходе топлива
- г) При минимальной температуре в камере

13. **Что происходит с удельным импульсом при увеличении давления в камере сгорания (при прочих равных условиях)?**

- а) Увеличивается
- б) Уменьшается
- в) Не изменяется
- г) Проходит через максимум

14. **Какой закон сохранения лежит в основе вывода уравнения реактивной тяги?**

- а) Закон сохранения энергии
- б) Закон сохранения импульса
- в) Закон сохранения массы
- г) Первое начало термодинамики

15. **Что такое полный удельный импульс?**

- а) Интеграл тяги по времени, отнесённый к полной массе топлива
- б) Произведение удельного импульса на время работы
- в) Удельный импульс, умноженный на коэффициент потерь
- г) Сумма удельного импульса в вакууме и на уровне моря

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Уравнение реактивной тяги ЖРД. От каких параметров зависит тяга?
2. Что такое удельный импульс и как он связан со скоростью истечения газов?
3. Как влияет давление в камере сгорания и степень расширения сопла на удельный импульс?
4. Термодинамические циклы ЖРД. Сравнение эффективности различных циклов.
5. Энергетические характеристики ракетных топлив: теплота сгорания, газовая постоянная, показатель адиабаты.

6. Процессы смесеобразования в камере сгорания ЖРД. Типы форсунок и их особенности.
7. Устойчивость горения в ЖРД. Причины возникновения высокочастотных колебаний и методы их подавления.
8. Профилирование сопел ЖРД. Сопло Лаваля: принцип работы, расчет критического сечения.
9. Тепловые потоки в стенку камеры сгорания и сопла. Методы оценки и измерения.
10. Компоненты ракетных топлив: окислители (кислород, азотная кислота) и горючие (керосин, водород, гептил). Сравнение характеристик.
11. Вытеснительная система подачи топлива. Достоинства и недостатки, область применения.
12. Насосная система подачи топлива. Принцип работы, преимущества перед вытеснительной.
13. Устройство и принцип работы турбонасосного агрегата (ТНА). Назначение газогенератора.
14. Типы насосов, применяемых в ТНА (центробежные, шнеко-центробежные). Гидравлические характеристики.
15. Регулирование расхода топлива в ЖРД. Способы изменения тяги.
16. Методы охлаждения камеры сгорания и сопла (проточное регенеративное, завесное, внутреннее, абляционное, радиационное).
17. Расчёт тепловых потоков и выбор толщины стенки камеры. Критерии устойчивости охлаждения.
18. Системы управления и регулирования ЖРД. Задачи и состав (клапаны, регуляторы, датчики).
19. Автоматика и системы аварийной защиты ЖРД. Принципы действия и типовые схемы.
20. Виды испытаний ЖРД: огневые стендовые, холодные продувки, ресурсные, доводочные.
21. Измерение тяги, расхода топлива, давления и вибраций при стендовых испытаниях.
22. Наземные испытательные комплексы для ЖРД. Состав оборудования и требования.
23. Обработка и анализ результатов испытаний. Оценка погрешностей измерений.
24. Влияние высоты (наружного давления) на тягу и удельный импульс ЖРД.
25. Перспективные направления совершенствования жидкостных ракетных двигателей.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение,	отлично	зачтено	86-100

		решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий			
Базовы й	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессионал ьной деятельности, нежели по образцу с большой степени самостоятель ности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовле творит ельны й (достат очный)	Репродуктивн ая деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетв орительн о		55-70
Недост аточн ый	Отсутствие удовлетворительного уровня	признаков	неудовле творител ьно	не зачтен о	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / М. В. Добровольский; под ред. Д. А. Ягодникова. — 3-е изд., доп. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. — 472 с. — ISBN 978-5-7038-4145-7. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424189>

Дополнительная литература:

1. Гречух, И. Н. Жидкостные ракетные двигатели: учебное пособие / И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. — Омск: Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. — 140 с. — ISBN 978-5-8149-2470-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149080>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и

обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

6. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Конструкция и расчет электроракетных двигателей».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов знаний и практических навыков в области конструирования и расчётного обоснования характеристик электроракетных двигателей, а также умения разрабатывать конструкторскую документацию и 3D-модели, выполнять стационарные и нестационарные расчёты в CAD/CAE-системах с учётом требований технологичности и рационального использования ресурсов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: классификацию, основные принципы работы и физические процессы в электростатических, электротермических и электромагнитных двигателях, принципы работы систем хранения, подачи рабочего тела и электропитания, методы расчёта проектных характеристик, требования к конструкционным материалам, прочности и ресурсу, а также подходы к экспериментальной отработке и испытаниям, достаточные для постановки задач разработки технологий и прогнозирования характеристик процессов. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий на основе фундаментальных знаний о конструкции и расчёте ЭРД, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики процессов с учётом требований приложений и технологий, обосновывать выбор конструктивных решений и материалов для обеспечения заданных параметров и ресурса. Владеть: навыками расчёта и проектирования электроракетных двигателей, методами анализа

		рабочих процессов, способами выбора конструкционных материалов и оценки прочности, приёмами проведения экспериментальной отработки и испытаний, а также навыками обоснования конструктивных решений для обеспечения эксплуатационных характеристик.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Конструкция и расчет электроракетных двигателей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение. Классификация и основные принципы работы	Основные понятия и определения: тяга, удельный импульс, эффективность. Принцип работы ЭРД: электрический разряд, создание плазмы, ускорение заряженных частиц. Классификация ЭРД: электротермические, электростатические, электромагнитные и импульсные. Основные области применения. Достоинства и недостатки.
2.	Электростатические двигатели	Устройство, рабочий процесс, конструктивные особенности и методика расчета основных характеристик ионных двигателей и стационарных плазменных двигателей. Понятие ионно-оптической системы и её роль в формировании тяги. Вопросы

		ресурса и эрозии электродов.
3.	Электротермические и электромагнитные двигатели	Принцип действия, устройство и конструктивные особенности резистивных, дуговых и магнитоплазодинамических двигателей. Особенности рабочего процесса в импульсных плазменных двигателях. Их основные характеристики и области применения.
4.	Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания	Конструкции баков и систем подачи газообразного и жидкого рабочего тела. Дозирующие устройства, регуляторы расхода, клапаны и штуцеры. Принципы работы систем электропитания ЭРД: согласование с бортовой сетью, преобразование напряжения, управление мощностью.
5.	Расчетные и проектные характеристики ЭРД	Методики инженерного расчета тяги, удельного импульса, мощности, расхода рабочего тела и КПД. Выбор оптимальных параметров. Влияние конструктивных и режимных параметров на основные характеристики двигателя.
6.	Конструкционные материалы, прочность и ресурс	Требования к конструкционным материалам. Материалы, используемые в узлах ЭРД: эрозионно-стойкие, вакуумные, радиационно-стойкие. Основы расчета элементов конструкции на прочность. Факторы, влияющие на ресурс ЭРД: эрозия, термоциклирование, электрические пробой.
7.	Экспериментальная отработка и испытания	Цели и задачи экспериментальной отработки. Классификация испытаний: стендовые, ресурсные, квалификационные, лётные. Оборудование для наземной отработки: вакуумные камеры, диагностические системы. Измерение параметров ЭРД при испытаниях: тяга, расход, эрозия, спектральный анализ. Методика обработки и анализа результатов испытаний.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение. Классификация и основные принципы работы

Вопросы для обсуждения: Электроракетные двигатели обеспечивают высокий удельный импульс по сравнению с химическими. Классификация ЭРД: электротермические, электростатические, электромагнитные, импульсные. Тяга и удельный импульс – основные параметры эффективности ЭРД. ЭРД используются для коррекции орбит, стабилизации и межпланетных перелётов.

Тема 2: Электростатические двигатели

Вопросы для обсуждения: Ионный двигатель создаёт тягу за счёт ускорения ионов электростатическим полем. Нейтрализатор предотвращает накопление заряда на космическом аппарате. Стационарный плазменный двигатель использует замкнутый дрейф электронов в скрещенных полях. Ионно-оптическая система формирует и

фокусирует ионный пучок, её эрозия ограничивает ресурс.

Тема 3: Электротермические и электромагнитные двигатели

Вопросы для обсуждения: Резистивный двигатель нагревает рабочее тело электрическим сопротивлением. Дуговой двигатель создаёт тягу за счёт нагрева плазмы электрической дугой. Магнитоплазодинамический двигатель ускоряет плазму в скрещенных полях. Импульсный плазменный двигатель создаёт импульсы тяги за счёт электрического разряда.

Тема 4: Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания

Вопросы для обсуждения: Рабочее тело, обычно ксенон, хранится в сжатом или сжиженном состоянии в баках высокого давления. Дозирующие устройства и регуляторы расхода обеспечивают точную подачу газа в двигатель. Система электропитания преобразует бортовое напряжение и управляет мощностью ЭРД.

Тема 5: Расчетные и проектные характеристики ЭРД

Вопросы для обсуждения: Тяга ЭРД пропорциональна массовому расходу и скорости истечения. Удельный импульс определяется разностью потенциалов и массой иона. Мощность ЭРД связана с тягой и удельным импульсом соотношением $P = F \cdot I_{sp} \cdot g/2$. Оптимизация параметров позволяет достичь максимального КПД и ресурса.

Тема 6: Конструкционные материалы, прочность и ресурс

Вопросы для обсуждения: Материалы ЭРД должны быть эрозионно-стойкими, вакуумными и радиационно-стойкими. Основные факторы ограничения ресурса: эрозия электродов, термоциклирование, электрические пробои. Расчёт прочности узлов на механические и тепловые нагрузки обязателен для обеспечения надёжности.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания

Вопросы для обсуждения: Испытания ЭРД проводят в вакуумных камерах, имитирующих условия космоса. Измеряются тяга, расход рабочего тела, эрозия, спектральный состав плазмы. Ресурсные испытания подтверждают заданный срок работы двигателя. Результаты испытаний служат основой для доводки конструкции и сертификации.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение. Классификация и основные принципы работы

Вопросы для обсуждения: Сравнение ЭРД различных типов по тяге, удельного импульсу и ресурсу.

Тема 2: Электростатические двигатели

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости ионов по ускоряющему напряжению. Определение тяги ионного двигателя по току пучка и напряжению.

Тема 3: Электротермические и электромагнитные двигатели

Вопросы для обсуждения: Расчёт скорости истечения газа в резистивном двигателе по температуре. Оценка КПД дугового двигателя.

Тема 4: Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания

Вопросы для обсуждения: Расчёт запаса рабочего тела для заданной миссии. Расчёт мощности, потребляемой от солнечных батарей.

Тема 5: Расчетные и проектные характеристики ЭРД

Вопросы для обсуждения: Вычисление тяги, удельного импульса и КПД по заданным параметрам. Оптимизация разрядного напряжения для достижения максимального удельного импульса.

Тема 6: Конструкционные материалы, прочность и ресурс

Вопросы для обсуждения: Расчёт тепловых полей в камере ионизации. Оценка ресурса по данным ускоренных испытаний.

Тема 7: Экспериментальная отработка и испытания

Вопросы для обсуждения: Планирование программы ресурсных испытаний. Обработка результатов измерений тяги и расхода.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Классификация и основные принципы работы электроракетных двигателей (ЭРД). Электростатические двигатели (ионные, стационарные плазменные). Электротермические и электромагнитные двигатели. Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания. Расчетные и проектные характеристики ЭРД. Конструкционные материалы, прочность и ресурс. Экспериментальная отработка и испытания.
2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Расчёт выигрыша в массе полезной нагрузки при использовании ЭРД. Выбор типа ЭРД для заданной космической задачи. Расчёт скорости ионов, тяги и удельного импульса электростатического двигателя. Определение параметров резистивного и дугового двигателей. Расчёт запаса рабочего тела и мощности системы электропитания. Оптимизация разрядного напряжения и тока. Расчёт тепловых полей и ресурса по данным ускоренных испытаний. Планирование программы ресурсных испытаний и обработка их результатов.
3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основные принципы работы и классификация ЭРД. Устройство и характеристики ионных и плазменных двигателей. Сравнение электротермических, электростатических и электромагнитных двигателей. Системы подачи рабочего тела и электропитания. Инженерные формулы расчёта тяги, удельного импульса, КПД, мощности. Влияние конструктивных параметров на ресурс. Виды испытаний и методы измерения параметров ЭРД. Методы обработки экспериментальных данных.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение

учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение. Классификация и основные принципы работы	ПК-1	Тестирование
Электростатические двигатели	ПК-1	Тестирование
Электротермические и электромагнитные двигатели	ПК-1	Тестирование
Системы хранения, подачи рабочего тела и электропитания	ПК-1	Тестирование
Расчетные и проектные характеристики ЭРД	ПК-1	Тестирование
Конструкционные материалы, прочность и ресурс	ПК-1	Тестирование
Экспериментальная отработка и испытания	ПК-1	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Классификация и основные принципы работы электроракетных двигателей (ЭРД)»

1. Что является основным преимуществом электроракетных двигателей перед химическими?

- а) Простота конструкции
- б) Высокий удельный импульс
- в) Возможность работы в атмосфере
- г) Низкая стоимость

2. Какой параметр характеризует топливную экономичность ракетного двигателя?

- а) Тяга
- б) Мощность
- в) Удельный импульс
- г) КПД

3. По какому основному признаку классифицируются электроракетные двигатели?

- а) По рабочему телу
- б) По механизму ускорения рабочего тела

в) По напряжению питания

г) По габаритам

4. К какому классу ЭРД относятся ионные двигатели и стационарные плазменные двигатели?

а) Электротермические

б) Электростатические

в) Электромагнитные

г) Импульсные

5. Какой тип ЭРД использует нагрев рабочего тела с последующим истечением через сопло?

а) Электростатический

б) Электромагнитный

в) Электротермический

г) Ионный

6. В каких космических задачах применение ЭРД наиболее эффективно?

а) Запуск с поверхности Земли

б) Коррекция орбиты и межпланетные перелёты

в) Посадка на Луну

г) Аварийное торможение

7. Какой тип рабочего тела чаще всего используется в электроракетных двигателях?

а) Водород

б) Керосин

в) Ксенон

г) Гидразин

8. Что такое удельный импульс?

а) Тяга, отнесённая к массовому расходу рабочего тела

б) Мощность, отнесённая к тяге

в) Скорость истечения газа из сопла

г) КПД двигателя

9. Какое из перечисленных преимуществ характерно для ЭРД?

а) Высокая тяга

б) Малый расход рабочего тела при длительной работе

в) Простота конструкции

г) Отсутствие необходимости в электропитании

10. Какое ограничение не позволяет использовать ЭРД для старта с Земли?

а) Низкий удельный импульс

б) Очень низкая тяга, неспособная преодолеть силу тяжести

в) Зависимость от солнечного света

г) Высокая стоимость рабочего тела

11. К какому классу ЭРД относятся магнитоплазмотермические двигатели?

а) Электротермические

б) Электростатические

в) Электромагнитные

г) Импульсные

12. Какой тип ЭРД создаёт тягу за счёт ускорения плазмы в скрещенных электрическом и магнитном полях?

а) Ионный

б) Стационарный плазменный

в) Резистивный

г) Дуговой

13. Какой показатель позволяет сравнивать эффективность разных типов ЭРД?

а) Тяга

- б) Удельный импульс
- в) Масса двигателя
- г) Рабочее напряжение

14. Для каких целей обычно используются импульсные плазменные двигатели?

- а) Основные маршевые двигатели
- б) Точная ориентация и коррекция микроспутников
- в) Запуск ракет
- г) Питание бортовой аппаратуры

15. Какое из перечисленных утверждений справедливо для ЭРД?

- а) Они могут работать без рабочего тела
- б) Они требуют мощного источника электроэнергии
- в) Их удельный импульс ниже, чем у химических
- г) Они не могут работать в вакууме

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Сравните основные преимущества и недостатки электроракетных двигателей (ЭРД) по сравнению с химическими ракетными двигателями. В чем состоит принципиальное различие в механизме создания тяги?
2. Дайте классификацию ЭРД по механизму ускорения рабочего тела. Охарактеризуйте каждый класс: электротермические, электростатические, электромагнитные, импульсные.
3. Объясните принцип работы ионного двигателя. Нарисуйте принципиальную схему, поясните назначение ионно-оптической системы и нейтрализатора.
4. Каковы основные физические процессы, определяющие тягу и удельный импульс ионного двигателя? Запишите формулы для расчёта тяги и скорости истечения ионов.
5. Что такое эрозия ионно-оптической системы? Какие факторы влияют на скорость эрозии и как она ограничивает ресурс ионного двигателя?
6. Опишите устройство и принцип работы стационарного плазменного двигателя (СПД). В чем отличие СПД от ионного двигателя? Объясните роль замкнутого дрейфа электронов.
7. Приведите сравнительный анализ характеристик ионного двигателя и СПД (тяги, удельный импульс, ресурс, КПД, сложность конструкции, системы питания).
8. Каков принцип действия электротермического резистивного двигателя? Как рассчитывается скорость истечения и КПД такого двигателя?
9. Объясните работу дугового электротермического двигателя (аркджет). Каковы его достоинства и недостатки по сравнению с резистивным?
10. Опишите принцип работы магнитоплазодинамического (МПД) двигателя. Какие силы создают тягу? Укажите области применения МПД-двигателей.
11. Расскажите об устройстве и принципе действия импульсного плазменного двигателя. Для каких задач он наиболее эффективен?
12. Какие требования предъявляются к рабочему телу ЭРД? Почему наиболее распространенным рабочим телом является ксенон? Каковы альтернативные рабочие тела?
13. Опишите конструкцию систем хранения и подачи рабочего тела для ЭРД. Как обеспечивается точное дозирование расхода газа?
14. Каковы основные требования к системе электропитания ЭРД? Приведите типовую схему согласования с бортовой сетью космического аппарата (солнечные батареи, преобразователи).
15. Выведите основные расчетные соотношения для тяги, удельного импульса и мощности ЭРД. Как связаны между собой эти параметры?
16. Как влияют напряжение разряда, ток и расход рабочего тела на тягу, удельный импульс и КПД электростатического двигателя? Приведите графики качественных зависимостей.

17. Какие конструкционные материалы применяются для изготовления электродов, изоляторов и камеры ионизации в ЭРД? Обоснуйте выбор с точки зрения эрозионной стойкости, теплопроводности и вакуумной совместимости.

18. Назовите основные факторы, ограничивающие ресурс ЭРД (эрозия, термоциклирование, электрические пробой, деградация изоляторов). Какие методы используются для продления ресурса?

19. Какие виды испытаний проводятся при экспериментальной отработке ЭРД? Опишите стендовое оборудование (вакуумные камеры, системы измерения тяги, расхода, плазменной диагностики).

20. Как проводится обработка результатов испытаний ЭРД для определения тяги, удельного импульса, КПД и оценки ресурса? Поясните методику экстраполяции результатов ускоренных испытаний на реальные условия эксплуатации.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности,	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из	хорошо		71-85

	нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1720-9. — Текст: электронный.

Дополнительная литература:

1. Григорьян, В. Г. Расчет и конструкция электроракетных двигателей: учебное пособие / В. Г. Григорьян, А. С. Демидов, С. А. Хартов. — Москва: МАИ-ПРИНТ, 2011. — 87 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

7. Программы дисциплин модуля

1.Наименование дисциплины: «Технология производства электроракетных двигателей».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области технологических процессов производства электроракетных двигателей, обеспечивающих выпуск высоконадёжных двигательных установок для космических аппаратов в условиях наукоёмких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоёмких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.1. Формулирует проблему, ставит и решает задачу разработки технологий на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов. ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: технологию производства ЭРД, конструкционные материалы, методы обработки, сборки, сварки, термообработки, контроля качества и испытаний. Уметь: формулировать и решать задачи разработки технологий производства ЭРД на основе фундаментальных знаний и прикладных подходов, описывать физические свойства и прогнозировать характеристики технологических процессов с учётом требований конкретных приложений и технологий, обосновывать выбор материалов, методов обработки и контроля для обеспечения качества и надёжности изделий. Владеть: навыками разработки технологических процессов производства ЭРД, методами механической и электрофизической обработки, способами сборки и вакуумной герметизации, приёмами контроля качества и метрологического обеспечения, методами проведения производственных испытаний и оценки надёжности, а также навыками обоснования технологических решений для обеспечения эксплуатационных

		характеристик двигателей.
ПК-2. Способен разрабатывать материалы и методы решения актуальных наукоемких задач для различных сфер жизнедеятельности.	ПК-2.1. Описывает и проектирует новые методы и средства решения наукоемких задач. ПК-2.2. Разрабатывает технологические требования к используемым средствам и методам в конкретном приложении.	Знать: современные технологические процессы и методы производства электроракетных двигателей, конструкционные материалы и способы их обработки, сборки, контроля качества и испытаний. Уметь: описывать и проектировать новые методы и средства решения наукоемких задач в области производства ЭРД, разрабатывать технологические требования к методам и оборудованию в конкретных приложениях, обосновывать выбор технологических решений для обеспечения качества, надёжности и эффективности производства. Владеть: навыками описания и проектирования новых методов производства ЭРД, способами разработки технологических требований, приемами применения методов обработки, сборки, контроля и испытаний, а также навыками интеграции технологических решений для обеспечения эксплуатационных характеристик двигателей.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Технология производства электроракетных двигателей» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной

работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Введение в технологию производства ЭРД	Классификация электроракетных двигателей (ЭРД) и особенности их конструкций, влияющие на технологический процесс. Основные узлы ЭРД: ионно-оптические системы, разрядные камеры, эмиттеры, катоды-компенсаторы, магнитные системы. Требования к точности изготовления, чистоте поверхностей и вакуумной герметичности. Стадии и этапы технологического процесса.
2.	Конструкционные материалы и заготовительные операции	Материалы, применяемые в ЭРД: тугоплавкие металлы, эрозионно-стойкие сплавы, магнитомягкие стали, вакуумная керамика, высокотемпературные полимеры, изотропный графит. Технологии получения заготовок: литьё, штамповка, прокат, методы порошковой металлургии для изготовления пористых эмиттеров. Требования к чистоте и однородности материалов.
3.	Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД	Прецизионная механическая обработка труднообрабатываемых материалов. Электроэрозионная обработка для изготовления прецизионных отверстий и профильных поверхностей. Электронно-лучевая и лазерная обработка. Литография для изготовления сеток ионно-оптических систем. Химическое фрезерование. Чистовая обработка керамики.
4.	Сборка, сварка и вакуумная герметизация	Сборочные операции: центровка узлов, сборка электродных систем, монтаж магнитной системы, юстировка ионно-оптической системы. Методы соединения деталей: аргонодуговая сварка в защитной среде, электронно-лучевая и лазерная сварка, вакуумная диффузионная сварка, пайка высокотемпературными припоями, склеивание термостойкими клеями. Создание вакуумной герметичности узлов. Сборка и герметизация системы подачи рабочего тела.
5.	Очистка, термообработка и вакуумная обработка	Ультразвуковая и химическая очистка деталей, обезжиривание. Термическая и вакуумная дегазация материалов перед сборкой для удаления адсорбированных газов. Обезгаживание в вакуумных печах. Термообработка для снятия внутренних напряжений и улучшения свойств материалов.
6.	Контроль качества и метрологическое	Методы контроля геометрических параметров: координатно-измерительные машины, лазерная

	обеспечение	интерферометрия, оптические микроскопы. Контроль шероховатости поверхности. Контроль чистоты поверхности и дефектов. Течеискание для проверки герметичности вакуумных узлов. Электрический контроль: проверка сопротивления изоляции, целостности цепей. Контроль геометрии магнитного поля. Статистические методы управления качеством.
7.	Производственные испытания и эксплуатационная надёжность	Виды испытаний в производственном цикле: приёмочные, периодические, приёмо-сдаточные. Электрические испытания: проверка электрической прочности, сопротивления изоляции, формирование катода. Стендовые испытания в вакуумных камерах: измерение тяги, удельного импульса, ресурсные испытания. Измерение параметров плазмы. Оценка эрозии и ресурса. Обработка и анализ результатов испытаний. Оценка надёжности. Документирование и сертификация.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Введение в технологию производства ЭРД

Вопросы для обсуждения: Классификация электроракетных двигателей по механизму ускорения рабочего тела. Основные узлы ЭРД: ионно-оптические системы, разрядные камеры, эмиттеры, катоды-компенсаторы, магнитные системы. Требования к точности изготовления, чистоте поверхностей и вакуумной герметичности. Стадии технологического процесса: заготовительная, обработочная, сборочная, испытательная.

Тема 2: Конструкционные материалы и заготовительные операции

Вопросы для обсуждения: Тугоплавкие металлы, эрозионно-стойкие сплавы, магнитомягкие стали. Вакуумная керамика, высокотемпературные полимеры, изотропный графит. Технологии получения заготовок: литьё, штамповка, прокат, порошковая металлургия для пористых эмиттеров. Требования к чистоте и однородности материалов.

Тема 3: Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД

Вопросы для обсуждения: Прецизионная механическая обработка труднообрабатываемых материалов. Электроэрозионная обработка для прецизионных отверстий и профильных поверхностей. Электронно-лучевая и лазерная обработка. Литография для изготовления сеток ионно-оптических систем. Химическое фрезерование. Чистовая обработка керамики.

Тема 4: Сборка, сварка и вакуумная герметизация

Вопросы для обсуждения: Сборочные операции: центровка узлов, сборка электродных систем, монтаж магнитной системы, юстировка ионно-оптической системы. Аргонодуговая, электронно-лучевая и лазерная сварка. Вакуумная диффузионная сварка, пайка высокотемпературными припоями. Склеивание термостойкими клеями. Герметизация узлов и системы подачи рабочего тела.

Тема 5: Очистка, термообработка и вакуумная обработка

Вопросы для обсуждения: Ультразвуковая и химическая очистка деталей, обезжиривание. Термическая и вакуумная дегазация материалов для удаления адсорбированных газов. Обезгаживание в вакуумных печах. Термообработка для снятия внутренних напряжений и улучшения свойств материалов.

Тема 6: Контроль качества и метрологическое обеспечение

Вопросы для обсуждения: Координатно-измерительные машины, лазерная интерферометрия, оптические микроскопы для контроля геометрии. Профилометры и атомно-силовая микроскопия для контроля шероховатости. Течеискание для проверки герметичности вакуумных узлов. Электрический контроль сопротивления изоляции и целостности цепей. Контроль геометрии магнитного поля. Статистические методы управления качеством.

Тема 7: Производственные испытания и эксплуатационная надёжность

Вопросы для обсуждения: Виды испытаний: приёмочные, периодические, приёмосдаточные. Электрические испытания: проверка электрической прочности, сопротивления изоляции, формирование катода. Стендовые испытания в вакуумных камерах: измерение тяги, удельного импульса, ресурсные испытания. Измерение параметров плазмы. Оценка эрозии и ресурса. Обработка и анализ результатов, документирование и сертификация.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Введение в технологию производства ЭРД

Вопросы для обсуждения: Анализ конструкторской документации на типовой ЭРД. Определение последовательности изготовления основных узлов. Составление маршрутной карты технологического процесса сборки и испытаний.

Тема 2: Конструкционные материалы и заготовительные операции

Вопросы для обсуждения: Подбор материала для заданного узла ЭРД с учётом эрозионной стойкости, теплопроводности и вакуумной совместимости. Выбор метода получения заготовки. Расчёт припусков на механическую обработку.

Тема 3: Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД

Вопросы для обсуждения: Разработка технологического маршрута изготовления сетки ионно-оптической системы. Назначение режимов электроэрозионной обработки. Выбор метода чистовой обработки керамической детали.

Тема 4: Сборка, сварка и вакуумная герметизация

Вопросы для обсуждения: Разработка сборочной схемы и операционной карты сборки разрядной камеры. Выбор метода сварки для соединения разнородных материалов. Расчёт режимов пайки или сварки. Проверка герметичности сборки на имитаторе течеискателя.

Тема 5: Очистка, термообработка и вакуумная обработка

Вопросы для обсуждения: Назначение режимов ультразвуковой очистки и обезжиривания. Выбор режима вакуумной дегазации для керамических изоляторов. Расчёт времени откачки и температуры обезгаживания.

Тема 6: Контроль качества и метрологическое обеспечение

Вопросы для обсуждения: Разработка карты контроля геометрических параметров критического узла. Выбор измерительного оборудования. Расчёт допусков и посадок. Проведение статистического анализа партии деталей.

Тема 7: Производственные испытания и эксплуатационная надёжность

Вопросы для обсуждения: Составление программы приёмосдаточных испытаний ЭРД. Обработка результатов стендовых испытаний. Оформление протокола испытаний и заключения о качестве.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и

учебной литературы, по следующим темам: Введение в технологию производства ЭРД. Конструкционные материалы и заготовительные операции. Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД. Сборка, сварка и вакуумная герметизация. Очистка, термообработка и вакуумная обработка. Контроль качества и метрологическое обеспечение. Производственные испытания и эксплуатационная надёжность.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Анализ конструкторской документации и разработка маршрутных карт. Подбор материалов и выбор заготовительных операций. Разработка технологических маршрутов изготовления деталей (сетки, керамика). Выбор методов сборки, сварки, расчёт режимов. Назначение режимов очистки и вакуумной дегазации. Разработка карт контроля геометрии и статистический анализ. Составление программ испытаний и обработка результатов.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Классификация ЭРД и основные узлы. Материалы и заготовки ЭРД. Механическая, электроэрозионная, лазерная обработка. Сборка, сварка, пайка, герметизация. Очистка, дегазация, термообработка. Методы контроля (КИМ, течеискание, электрические измерения). Виды испытаний (приёмочные, ресурсные, стендовые). Оценка надёжности и обработка результатов испытаний.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно

связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Введение в технологию производства ЭРД	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Конструкционные материалы и заготовительные операции	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Механическая и электрофизическая обработка деталей ЭРД	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Сборка, сварка и вакуумная герметизация	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Очистка, термообработка и вакуумная обработка	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Контроль качества и метрологическое обеспечение	ПК-1, ПК-2	Тестирование
Производственные испытания и эксплуатационная надёжность	ПК-1, ПК-2	Тестирование

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые тестовые задания:

Тест по теме «Введение в технологию производства электроракетных двигателей (ЭРД)»

1. По какому основному признаку классифицируются электроракетные двигатели?

- а) По типу рабочего тела
- б) По механизму ускорения рабочего тела
- в) По напряжению питания
- г) По габаритным размерам

2. Какой узел ЭРД служит для формирования и фокусировки ионного пучка?

- а) Катод-компенсатор
- б) Ионно-оптическая система
- в) Разрядная камера
- г) Магнитная система

3. Какое требование является одним из важнейших при производстве узлов ЭРД?

- а) Низкая стоимость материалов
- б) Высокая точность изготовления и чистота поверхностей
- в) Минимальная масса
- г) Простота сборки

4. Что такое катод-компенсатор в составе электроракетного двигателя?

- а) Устройство для нагрева рабочего тела
- б) Устройство для нейтрализации ионного пучка

- в) Элемент магнитной системы
- г) Деталь системы подачи рабочего тела

5. Какая стадия технологического процесса производства ЭРД следует после заготовительной?

- а) Сборочная
- б) Испытательная
- в) Обработочная
- г) Контрольная

6. К какому классу ЭРД относятся ионные двигатели и стационарные плазменные двигатели?

- а) Электротермические
- б) Электростатические
- в) Электромагнитные
- г) Импульсные

7. Что входит в состав ионно-оптической системы?

- а) Эмиттер и катод
- б) Ускоряющие и экранирующие сетки
- в) Магнитные катушки
- г) Керамические изоляторы

8. Какое требование предъявляется к вакуумной герметичности узлов ЭРД?

- а) Отсутствие вибраций
- б) Отсутствие течей рабочего тела в окружающую среду
- в) Высокая теплопроводность
- г) Устойчивость к радиации

9. Что из перечисленного является основным узлом электростатического двигателя?

- а) Сопло Лавалья
- б) Разрядная камера с магнитной системой
- в) Турбонасосный агрегат
- г) Камера сгорания

10. Для чего предназначена магнитная система в стационарном плазменном двигателе?

- а) Для нагрева рабочего тела
- б) Для создания замкнутого дрейфа электронов
- в) Для ускорения ионов
- г) Для подачи ксенона

11. Какой этап технологического процесса включает центровку узлов и юстировку ионно-оптической системы?

- а) Заготовительный
- б) Обработочный
- в) Сборочный
- г) Испытательный

12. Какой материал чаще всего используется для изготовления сеток ионно-оптических систем?

- а) Медь
- б) Алюминий
- в) Молибден или графит
- г) Полимер

13. Какая стадия технологического процесса предусматривает контроль геометрических параметров критических узлов?

- а) Заготовительная
- б) Обработочная

- в) Сборочная
 - г) Все стадии (заготовительная, обработочная, сборочная)
14. **Что из перечисленного относится к электротермическим двигателям?**

- а) Ионный двигатель
- б) Резистивный двигатель
- в) Стационарный плазменный двигатель
- г) Импульсный плазменный двигатель

15. **Каким методом обычно проверяют герметичность вакуумных узлов ЭРД?**

- а) Пневматическим испытанием
- б) Гидравлическим испытанием
- в) Течеисканием (гелиевым масс-спектрометром)
- г) Оптическим контролем

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

1. Дайте классификацию электроракетных двигателей (ЭРД) по механизму ускорения рабочего тела. Приведите примеры каждого класса.
2. Перечислите основные узлы ЭРД (ионно-оптическая система, разрядная камера, эмиттер, катод-компенсатор, магнитная система) и поясните их назначение.
3. Какие требования предъявляются к точности изготовления, чистоте поверхностей и вакуумной герметичности узлов ЭРД?
4. Назовите основные стадии технологического процесса производства ЭРД (заготовительная, обработочная, сборочная, испытательная). Кратко охарактеризуйте каждую.
5. Какие конструкционные материалы применяются для изготовления деталей ЭРД? Обоснуйте выбор тугоплавких металлов, вакуумной керамики, графита и полимеров.
6. Опишите технологии получения заготовок для деталей ЭРД (литьё, штамповка, прокат, порошковая металлургия).
7. Какие методы механической обработки используются при изготовлении прецизионных деталей ЭРД? В чём особенности обработки труднообрабатываемых материалов?
8. Расскажите об электроэрозионной обработке деталей ЭРД. Какие задачи она решает (изготовление прецизионных отверстий, профильных поверхностей)?
9. Какие электрофизические методы (электронно-лучевая, лазерная обработка, литография) применяются при производстве сеток ионно-оптических систем?
10. Как осуществляется чистовая обработка керамических деталей ЭРД (алмазное точение, шлифование, ультразвуковая обработка)?
11. Перечислите и охарактеризуйте сборочные операции при производстве ЭРД (центровка, сборка электродных систем, монтаж магнитной системы, юстировка ионно-оптической системы).
12. Какие методы сварки и пайки используются для соединения деталей ЭРД (аргонодуговая, электронно-лучевая, лазерная сварка, вакуумная диффузионная сварка, пайка высокотемпературными припоями)?
13. Как обеспечивается вакуумная герметичность узлов и системы подачи рабочего тела ЭРД?
14. Опишите технологические операции очистки, термообработки и вакуумной дегазации деталей перед сборкой.
15. Какие методы контроля геометрических параметров применяются в производстве ЭРД (координатно-измерительные машины, лазерная интерферометрия, оптические микроскопы)?
16. Как осуществляется контроль шероховатости и чистоты поверхности деталей ЭРД?
17. Что такое течеискание и как оно используется для проверки герметичности вакуумных узлов ЭРД?

18. Какие электрические испытания проводятся на этапе производства ЭРД (проверка сопротивления изоляции, целостности цепей, электрической прочности, формирование катода)?

19. Какие виды производственных испытаний (приёмочные, периодические, приёмосдаточные) проходят готовые ЭРД? Как измеряются тяга и удельный импульс?

20. Как проводится оценка ресурса и надёжности ЭРД по результатам стендовых испытаний (в том числе с использованием ускоренных испытаний)?

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятель	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать	хорошо		71-85

	ности и инициативы	ими теоретические положения или обосновывать практику применения			
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтен	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов / Б. Т. Ерохин. — Санкт-Петербург: Лань, 2015. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-1720-9. — Текст: электронный.

Дополнительная литература:

1. Квасников Л.А. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов: Учебник для авиационных специальностей вузов. — Москва: Издательство МАИ, 2002. — 395 с.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

–систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;

–серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
–установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.

8. Программы дисциплин модуля

1. Наименование дисциплины: «Автоматизированные системы управления двигателей космических аппаратов».

Цель изучения дисциплины: формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области проектирования, моделирования, анализа и эксплуатации автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов, обеспечивающих эффективное и надёжное функционирование двигательных установок в составе космических аппаратов наукоемких производств.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и содержание компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен разрабатывать технологии для решения современных наукоемких задач на основе фундаментальных знаний.	ПК-1.2. Описывает физические свойства и прогнозирует характеристики процессов, в том числе с точки зрения требований приложений и технологий.	Знать: основы автоматизированных систем управления, математические модели и методы, состав датчиков, исполнительных устройств и бортовых вычислителей, подходы к проектированию, диагностике и интеллектуальному управлению. Уметь: описывать свойства и прогнозировать характеристики процессов управления, обосновывать выбор алгоритмов и решений для обеспечения требуемых параметров. Владеть: навыками анализа и проектирования систем управления, математического моделирования, контроля, диагностики и применения интеллектуальных технологий управления.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Автоматизированные системы управления двигателей космических аппаратов» представляет собой дисциплину части, формируемой участниками образовательных отношений.

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы студента и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП ВО по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной

аудиторной работы (лекции/практические занятия), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации. Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе со студентами очной формы обучения.

№	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов	Назначение, структура, классификация и задачи автоматизированных систем управления двигательными установками космических аппаратов.
2.	Базовые принципы управления движением космических аппаратов	Основы динамики полета, ориентации, стабилизации и управления движением космических аппаратов с использованием двигательных систем.
3.	Математические модели и методы управления	Математическое описание объектов управления, методы синтеза регуляторов, анализ устойчивости и качества управления.
4.	Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства	Принципы работы датчиков, исполнительных органов, вычислительных комплексов и каналов передачи данных.
5.	Проектирование автоматизированных систем управления двигателями	Этапы разработки, выбор архитектуры, моделирование и проектирование контуров управления двигательных установок.
6.	Анализ характеристик и эффективности систем управления	Оценка точности, надежности, устойчивости и энергетической эффективности систем управления.
7.	Практическая реализация алгоритмов управления	Реализация программно-аппаратных комплексов, внедрение алгоритмов регулирования и управления тягой двигателей.
8.	Контроль, диагностика и испытания систем управления	Методы контроля технического состояния, диагностики неисправностей и проведения испытаний автоматизированных систем.
9.	Современные технологии интеллектуального управления	Адаптивное, оптимальное и интеллектуальное управление, цифровые технологии и элементы искусственного интеллекта.
10.	Комплексное применение систем управления двигателями космических	Интеграция систем управления в состав бортовых комплексов, анализ реальных космических миссий и перспектив развития.

	аппаратов	

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий в форме контактной работы:

Рекомендуемая тематика учебных занятий *лекционного* типа (предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

Тема 1: Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Понятие автоматизированной системы управления (АСУ) двигателями космических аппаратов. Функции и задачи АСУ: регулирование тяги, управление ориентацией, стабилизация, коррекция орбиты. Роль обратной связи в системах управления. Структура типовой АСУ: датчики, контроллер, исполнительные устройства, объект управления.

Тема 2: Базовые принципы управления движением космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Уравнения движения центра масс и вращательного движения (уравнения Эйлера). Задачи управления ориентацией: стабилизация, разворот, отслеживание. Принцип реактивного управления. Координатные системы: инерциальная, связанная, орбитальная.

Тема 3: Математические модели и методы управления

Вопросы для обсуждения: Линейные и нелинейные модели динамики двигателей. Передаточные функции и переходные характеристики. Пространство состояний. Анализ устойчивости. Синтез регуляторов: ПИД-регуляторы, модальное управление.

Тема 4: Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства

Вопросы для обсуждения: Датчики углового положения и скорости: гироскопы, акселерометры, звездные датчики, солнечные датчики. Исполнительные устройства: электроракетные двигатели, двигатели малой тяги, электроклапаны. Бортовые вычислительные средства: архитектура, процессоры, интерфейсы.

Тема 5: Проектирование автоматизированных систем управления двигателями

Вопросы для обсуждения: Этапы проектирования АСУ: анализ требований, выбор архитектуры, синтез регуляторов, моделирование, реализация, испытания. Учёт ограничений: энергопотребление, масса, габариты, надёжность. Оформление конструкторской и программной документации.

Тема 6: Анализ характеристик и эффективности систем управления

Вопросы для обсуждения: Методы анализа точности: установившаяся ошибка, динамическая ошибка. Быстродействие: время переходного процесса, перерегулирование. Устойчивость к возмущениям и помехоустойчивость. Надёжность и энергетическая эффективность.

Тема 7: Практическая реализация алгоритмов управления

Вопросы для обсуждения: Цифровая реализация регуляторов: дискретизация, квантование. Программирование алгоритмов на языках высокого уровня и ассемблера. Использование операционных систем реального времени. Отладка и верификация программного обеспечения.

Тема 8: Контроль, диагностика и испытания систем управления

Вопросы для обсуждения: Методы контроля работоспособности датчиков и исполнительных устройств. Диагностика отказов: методы обнаружения и локализации. Резервирование (горячее, холодное, мажоритарное). Виды испытаний: автономные, комплексные, лётные.

Тема 9: Современные технологии интеллектуального управления

Вопросы для обсуждения: Нейронные сети в системах управления: аппроксимация динамики, адаптация. Нечёткая логика и генетические алгоритмы для оптимизации регуляторов. Адаптивное управление с эталонной моделью. Методы машинного обучения для диагностики и прогнозирования отказов.

Тема 10: Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Интеграция АСУ с другими подсистемами космического аппарата. Управление группой двигателей: распределение тяги, оптимизация расхода топлива. Примеры существующих систем управления. Перспективы развития: автономные и интеллектуальные системы.

Рекомендуемая тематика практических занятий:

Тема 1: Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Анализ структурной схемы АСУ для заданного типа космического аппарата. Составление перечня требований к системе управления.

Тема 2: Базовые принципы управления движением космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Решение задач на расчёт управляющих импульсов для коррекции орбиты. Моделирование разворота космического аппарата с использованием уравнений Эйлера.

Тема 3: Математические модели и методы управления

Вопросы для обсуждения: Анализ устойчивости системы с использованием критериев. Синтез ПИД-регулятора для одномерной модели. Расчёт параметров регулятора в пространстве состояний.

Тема 4: Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства

Вопросы для обсуждения: Выбор датчиков и исполнительных устройств по заданным техническим характеристикам. Составление схемы подключения датчиков к бортовому вычислителю.

Тема 5: Проектирование автоматизированных систем управления двигателями

Вопросы для обсуждения: Разработка функциональной схемы АСУ.

Тема 6: Анализ характеристик и эффективности систем управления

Вопросы для обсуждения: Расчёт переходной характеристики и показателей качества. Оценка влияния шумов измерений на точность.

Тема 7: Практическая реализация алгоритмов управления

Вопросы для обсуждения: Программирование ПИД-регулятора на языке C для микроконтроллера. Дискретизация непрерывного регулятора.

Тема 8: Контроль, диагностика и испытания систем управления

Вопросы для обсуждения: Разработка сценария тестирования датчиков и исполнительных устройств. Реализация алгоритма обнаружения отказа датчика.

Тема 9: Современные технологии интеллектуального управления

Вопросы для обсуждения: Построение простой нейронной сети для аппроксимации нелинейной динамики. Настройка нечёткого регулятора для управления положением.

Тема 10: Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов

Вопросы для обсуждения: Моделирование работы АСУ в составе полной модели космического аппарата. Разработка алгоритма координации нескольких двигателей.

Требования к самостоятельной работе студентов

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по следующим темам: Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов. Базовые принципы управления движением космических аппаратов. Математические модели и методы управления. Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства. Проектирование автоматизированных систем управления двигателями. Анализ

характеристик и эффективности систем управления. Практическая реализация алгоритмов управления. Контроль, диагностика и испытания систем управления. Современные технологии интеллектуального управления. Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на практических занятиях, по следующим темам: Основы автоматизированных систем управления. Базовые принципы управления движением. Математические модели и методы управления. Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства. Проектирование систем управления. Анализ характеристик и эффективности. Практическая реализация алгоритмов управления. Контроль, диагностика и испытания. Интеллектуальное управление. Комплексное применение систем управления.

3. Подготовка к контрольным работам и тестированиям, предусматривающая повторение пройденного материала и отработку навыков решения типовых задач, по следующим темам: Основы автоматизированных систем управления двигателями. Базовые принципы управления движением. Математические модели и методы управления. Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства. Проектирование и анализ характеристик систем управления. Алгоритмы управления, их реализация, контроль, диагностика и испытания. Интеллектуальные технологии управления. Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Практические и семинарские занятия.

На практических и семинарских занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретным ситуациям из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов	ПК-1	Контрольная работа
Базовые принципы управления движением космических аппаратов	ПК-1	Контрольная работа
Математические модели и методы управления	ПК-1	Контрольная работа
Датчики, исполнительные устройства и бортовые вычислительные средства	ПК-1	Контрольная работа
Проектирование автоматизированных систем управления двигателями	ПК-1	Контрольная работа
Анализ характеристик и эффективности систем управления	ПК-1	Контрольная работа
Практическая реализация алгоритмов управления	ПК-1	Контрольная работа
Контроль, диагностика и испытания систем управления	ПК-1	Контрольная работа
Современные технологии интеллектуального управления	ПК-1	Контрольная работа
Комплексное применение систем управления двигателями космических аппаратов	ПК-1	Контрольная работа

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля

Типовые задания контрольных работ:

Тема: «Основы автоматизированных систем управления двигателями космических аппаратов»

Вариант 1

Задание 1. Теоретический вопрос (3 балла)

Дайте развёрнутое определение автоматизированной системы управления (АСУ) двигателями космического аппарата. Перечислите основные функции АСУ и объясните, чем автоматизированная система отличается от автоматической.

Задание 2. Структурная схема АСУ (3 балла)

На рисунке (описание словесно) приведена структурная схема системы управления двигателем коррекции орбиты. Определите назначение каждого элемента: датчик углового положения, бортовой вычислитель, цифро-аналоговый преобразователь, электроклапан подачи рабочего тела, двигатель малой тяги, объект управления (космический аппарат). Изобразите упрощённую блок-схему и укажите стрелками направления информационных и управляющих сигналов.

Задание 3. Расчёт параметров регулятора (4 балла)

Для одномерной модели канала управления тягой двигателя передаточная функция объекта имеет вид:

$$W_{об}(s) = 1s(s+2) \quad W_{об}(s) = s(s+2)1$$

Требуется синтезировать ПИД-регулятор, обеспечивающий нулевую установившуюся ошибку при ступенчатом воздействии и время переходного процесса не более 5 с.

1. Выберите структуру регулятора и запишите его передаточную функцию в общем виде.
2. Определите параметры регулятора, используя приближённые формулы или метод Циглера-Николса (результаты округлите до сотых).
3. Оцените время регулирования и величину перерегулирования.

Задание 4. Выбор датчиков и исполнительных устройств (2 балла)

Для системы управления стабилизацией космического аппарата на геостационарной орбите необходимо выбрать:

- два типа датчиков углового положения (обоснуйте выбор);
- два типа исполнительных устройств (двигателей) для коррекции ориентации (укажите их основные характеристики).

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Примерный перечень вопросов к зачету:

1. Дайте определение автоматизированной системы управления (АСУ) двигателями космического аппарата. Перечислите основные функции и задачи АСУ.
2. Чем автоматизированная система управления отличается от автоматической? В каких режимах работают системы управления двигателями?
3. Опишите структуру типовой АСУ двигателем космического аппарата (датчики, контроллер, исполнительные устройства, объект управления).
4. Какие координатные системы используются при управлении движением космического аппарата? Для чего нужны инерциальная, связанная и орбитальная системы координат?
5. Запишите уравнения движения центра масс и вращательного движения (уравнения Эйлера) космического аппарата. Какие упрощения используются в задачах управления ориентацией?
6. В чем суть принципа реактивного управления? Как формируется управляющий импульс для коррекции орбиты и для изменения ориентации?
7. Что такое передаточная функция и переходная характеристика? Как они используются при анализе динамики двигателя?

8. Назовите основные методы анализа устойчивости линейных систем управления (критерии Рауса-Гурвица, Найквиста, Михайлова). Кратко поясните суть одного из них.
9. Какие типы регуляторов применяются в системах управления двигателями? Опишите структуру и назначение П-, ПИ-, ПИД-регуляторов.
10. Что такое пространство состояний? Запишите уравнения состояния для линейной стационарной системы.
11. Какие датчики используются для измерения углового положения и угловой скорости космического аппарата? Приведите примеры (гироскопы, звездные датчики, солнечные датчики, магнитометры).
12. Назовите основные типы исполнительных устройств в системах управления двигателями (электроракетные двигатели, двигатели малой тяги, электроклапаны). Каковы их основные характеристики?
13. Перечислите этапы проектирования АСУ двигателями космического аппарата. Какие ограничения учитываются при выборе архитектуры?
14. Как оценивается точность системы управления? Что такое установившаяся и динамическая ошибка?
15. Какие показатели характеризуют быстродействие и качество переходных процессов (время переходного процесса, перерегулирование, время нарастания)?
16. В чем заключается цифровая реализация аналоговых регуляторов? Что такое дискретизация и квантование?
17. Какие методы диагностики отказов датчиков и исполнительных устройств применяются в бортовых системах управления?
18. Что такое резервирование? Опишите горячее, холодное и мажоритарное резервирование.
19. Какие современные технологии интеллектуального управления используются в космических аппаратах (нейронные сети, нечёткая логика, генетические алгоритмы)?
20. Как интегрируется АСУ двигателями с другими подсистемами космического аппарата (энергоснабжение, тепловой контроль, связь)? Приведите пример комплексного применения.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции,	Пятибалльная шкала (академическая)	Двухбалльная шкала	БРС, % освоения (рейтинговая)

		критерии оценки сформированности)	оценка	зачет	оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	отлично	зачтено	86-100
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Микрин, Е. А. Введение в механику полета и управление космическими аппаратами: учебник для вузов / Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023. — 566 с. — ISBN 978-5-7038-5659-2. — Текст: электронный // Znanium: электронно-библиотечная система. — URL: <https://znanium.ru/catalog/document?id=424653>

Дополнительная литература:

Теория автоматического управления: в 2 ч. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.— URL: <https://reader.lanbook.com/book/167590#274>

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

ЭБС Знаниум - это политематическая коллекция электронных версий книг, журналов, статей и пр.

ЭБС Лань - Коллекция издательства "Лань".

НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания

eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций

ЭБС Консультант студента

ПРОСПЕКТ ЭБС

Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантитана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- систему электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов соответствующее ПО и антивирусное программное обеспечение.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения практических занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.