

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1143320	Экспериментальные основы нанотехнологий

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Нанотехнологии и микросистемная техника	Код ОП 1. 28.03.01/33.01
Направление подготовки 1. Нанотехнологии и микросистемная техника	Код направления и уровня подготовки 1. 28.03.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Пряхина Виктория Игоревна	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент фундаментальной и прикладной физики

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Экспериментальные основы нанотехнологий

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят дисциплины, формирующие представления об основах расчета, моделирования и конструирования наноструктурных материалов различного назначения, изделий и устройств на их основе. Дисциплина «Методы получения наноразмерных материалов» знакомит с классами наноматериалов и фундаментальными основами различных групп методов синтеза, даёт навыки получения порошковых наноматериалов растворными методами синтеза, которые являются наиболее доступными и не требуют дорогостоящего оборудования. Дисциплина «Методы изучения наноматериалов» посвящена теоретическому и практическому изучению современных методов исследования морфологии и локальных свойств наноструктурированных материалов и систем с нанометровым пространственным разрешением с акцентом на сканирующую зондовую микроскопию. Изучаются методы математической обработки и количественного анализа изображений, получаемых с помощью электронной и сканирующей зондовой микроскопии, и методы приема оптического излучения. Дисциплина «Введение в электронную микроскопию наноструктур» направлена на формирование у студентов представление о возможностях просвечивающей электронной микроскопии и современных микроскопов для исследования наноструктур. По модулю запланирована подготовка и защита проекта.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Проект по модулю «Экспериментальные основы нанотехнологий»	3
2	Методы получения наноразмерных материалов	3
3	Методы изучения наноматериалов	3
4	Введение в электронную микроскопию наноструктур	3
ИТОГО по модулю:		12

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности2. Математические методы обработки данных
Постреквизиты и кореквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none">1. Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия2. Теоретические основы профессиональной деятельности

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Введение в электронную микроскопию наноструктур	УК-9 - Способен выполнять поиск источников информации и данных, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач	<p>З-4 - Привести примеры применения информационных сервисов для решения поставленных задач</p> <p>У-1 - Формулировать корректные запросы при поиске информации в сети Интернет и базах данных с учетом особенностей работы разных поисковых систем</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические и системные умения, способность к поиску информации</p>
	ОПК-3 - Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов	<p>З-1 - Изложить основные приемы и методы проведения исследований и изысканий, которые могут быть использованы для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности доступной исследовательской аппаратуры для реализации предложенных приемов и методов решения поставленных прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-3 - Описать последовательность действий при обработке и интерпретации полученных результатов исследований и изысканий</p> <p>У-1 - Обосновать выбор приемов, методов и соответствующей аппаратуры для проведения исследований и изысканий, которые позволят решить поставленные прикладные задачи, относящиеся к профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять перечень необходимых ресурсов и временные затраты при</p>

		<p>составлении плана проведения исследований и изысканий</p> <p>У-3 - Анализировать и объяснить полученные результаты исследований и изысканий</p> <p>Д-1 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы</p>
	<p>ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции,</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения</p>

	<p>контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>производственной деятельности, контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>У-6 - Определять оптимальные способы метрологического сопровождения технологических процессов</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
	<p>ПК-1 - Способен проводить экспериментальные исследования по получению и измерению характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>	<p>З-1 - Изложить основные принципы организации, планирования и проведения научного исследования</p> <p>З-2 - Сделать обзор научно-технической информации по поставленной профессиональной задаче для оптимального планирования экспериментального исследования</p> <p>У-1 - Определить план исследования, с учетом степени значимости и взаимозависимости ожидаемых результатов измерений</p>
	<p>ПК-2 - Способен проводить анализ результатов измерений параметров наноматериалов и</p>	<p>У-2 - Правильно интерпретировать результаты проведенных измерений</p> <p>У-3 - Соотносить результаты измерений с современным мировым состоянием дел в</p>

	наноструктур и готовить научно-технические отчеты	области нанотехнологий на основе актуальных литературных данных П-1 - Сделать вывод о параметрах наноматериалов и наноструктур на основе анализа результатов измерений
	ПК-3 - Способен сопровождать технологические процессы и эксплуатацию измерительных систем в области нанотехнологии и микросистемной техники	З-1 - Сформулировать требования по правильной и безопасной эксплуатации измерительных систем У-1 - Определять оптимальные условия эксплуатации измерительных систем У-2 - Установить ошибки технологического процесса при получении неудовлетворительного результата исследования П-2 - Предлагать способы оптимизации технологического процесса и устранения ошибок в работе измерительных систем
	ПК-5 - Способен выбирать адекватные задачам экспериментальные методы для исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	У-1 - Обосновать выбор экспериментальных методов исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур У-2 - Различать особенности экспериментальных исследовательских методов в области нанотехнологий
Методы изучения наноматериалов	УК-9 - Способен выполнять поиск источников информации и данных, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач	З-4 - Привести примеры применения информационных сервисов для решения поставленных задач У-1 - Формулировать корректные запросы при поиске информации в сети Интернет и базах данных с учетом особенностей работы разных поисковых систем П-1 - Выполнять поставленные задачи по поиску, обработке, передаче и хранению информации в цифровой форме, используя современные технические средства, пакеты прикладных программ, информационные сервисы и базы данных Д-1 - Демонстрировать аналитические и системные умения, способность к поиску информации
	ОПК-3 - Способен проводить исследования	З-1 - Изложить основные приемы и методы проведения исследований и изысканий,

	<p>и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>которые могут быть использованы для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности доступной исследовательской аппаратуры для реализации предложенных приемов и методов решения поставленных прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-3 - Описать последовательность действий при обработке и интерпретации полученных результатов исследований и изысканий</p> <p>У-1 - Обосновать выбор приемов, методов и соответствующей аппаратуры для проведения исследований и изысканий, которые позволят решить поставленные прикладные задачи, относящиеся к профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять перечень необходимых ресурсов и временные затраты при составлении плана проведения исследований и изысканий</p> <p>У-3 - Анализировать и объяснить полученные результаты исследований и изысканий</p> <p>П-1 - Подготовить и провести экспериментальные измерения, исследования и изыскания для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Представить интерпретацию полученных результатов в форме научного доклада (сообщения)</p> <p>П-3 - Составить план проведения исследований и изысканий, включающий перечень необходимых ресурсов и временные затраты</p> <p>Д-1 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы</p>
	<p>ОПК-6 - Способен выполнять настройку</p>	<p>З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического</p>

	<p>технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации</p>
	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p>

	<p>оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения производственной деятельности, контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-2 - Оценить соответствие выбранного технологического оборудования и технологических операций нормам и правилам безопасной эксплуатации, технологическим регламентам и инструкциям</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>У-6 - Определять оптимальные способы метрологического сопровождения технологических процессов</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
	<p>ПК-1 - Способен проводить экспериментальные исследования по получению и измерению характеристик материалов и</p>	<p>З-2 - Сделать обзор научно-технической информации по поставленной профессиональной задаче для оптимального планирования экспериментального исследования</p> <p>У-2 - Систематизировать полученные экспериментальные результаты</p>

компонентов нано- и микросистемной техники	П-1 - Выполнять в соответствии с планом экспериментальные научные исследования по получению и измерению характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники
ПК-2 - Способен проводить анализ результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур и готовить научно-технические отчеты	<p>З-1 - Определить методы обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-1 - Обрабатывать результаты измерений, в том числе с использованием современных программных пакетов</p> <p>У-3 - Соотносить результаты измерений с современным мировым состоянием дел в области нанотехнологий на основе актуальных литературных данных</p> <p>П-1 - Сделать вывод о параметрах наноматериалов и наноструктур на основе анализа результатов измерений</p>
ПК-3 - Способен сопровождать технологические процессы и эксплуатацию измерительных систем в области нанотехнологии и микросистемной техники	<p>З-1 - Сформулировать требования по правильной и безопасной эксплуатации измерительных систем</p> <p>У-1 - Определять оптимальные условия эксплуатации измерительных систем</p> <p>У-2 - Установить ошибки технологического процесса при получении неудовлетворительного результата исследования</p> <p>П-1 - Иметь опыт эксплуатации высокотехнологичного экспериментального оборудования для решения задач в области нанотехнологии и микросистемной техники</p> <p>П-2 - Предлагать способы оптимизации технологического процесса и устранения ошибок в работе измерительных систем</p>
ПК-4 - Способен использовать методы математического моделирования и статистического анализа экспериментальных результатов в области нано- и микросистемной техники	<p>У-1 - Выбирать оптимальные и актуальные модели и методы анализа с учетом поставленных профессиональных задач</p> <p>У-2 - Анализировать экспериментальные результаты с использованием математического аппарата и программных пакетов для компьютерного моделирования и анализа</p>

	<p>ПК-5 - Способен выбирать адекватные задачам экспериментальные методы для исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>	<p>З-1 - Сделать обзор экспериментальных методов исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-1 - Обосновать выбор экспериментальных методов исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Различать особенности экспериментальных исследовательских методов в области нанотехнологий</p>
<p>Методы получения наноразмерных материалов</p>	<p>ОПК-3 - Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Изложить основные приемы и методы проведения исследований и изысканий, которые могут быть использованы для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности доступной исследовательской аппаратуры для реализации предложенных приемов и методов решения поставленных прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Обосновать выбор приемов, методов и соответствующей аппаратуры для проведения исследований и изысканий, которые позволят решить поставленные прикладные задачи, относящиеся к профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять перечень необходимых ресурсов и временные затраты при составлении плана проведения исследований и изысканий</p>
	<p>ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического</p>

		<p>оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения производственной деятельности, контроля количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-4 - Оценивать с использованием количественных или качественных показателей соответствие характеристик получаемой продукции установленным техническим требованиям и фиксировать отклонения</p> <p>У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого</p>

	<p>оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-2 - Рассчитывать показатели ресурсо- и энергоэффективности производственного цикла и продукта</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
<p>ПК-1 - Способен проводить экспериментальные исследования по получению и измерению характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>	<p>З-1 - Изложить основные принципы организации, планирования и проведения научного исследования</p> <p>З-2 - Сделать обзор научно-технической информации по поставленной профессиональной задаче для оптимального планирования экспериментального исследования</p> <p>У-1 - Определить план исследования, с учетом степени значимости и взаимозависимости ожидаемых результатов измерений</p>
<p>ПК-2 - Способен проводить анализ результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур и готовить научно-технические отчеты</p>	<p>У-2 - Правильно интерпретировать результаты проведенных измерений</p> <p>У-3 - Соотносить результаты измерений с современным мировым состоянием дел в области нанотехнологий на основе актуальных литературных данных</p> <p>П-1 - Сделать вывод о параметрах наноматериалов и наноструктур на основе анализа результатов измерений</p>
<p>ПК-3 - Способен сопровождать технологические процессы и эксплуатацию измерительных систем в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>З-1 - Сформулировать требования по правильной и безопасной эксплуатации измерительных систем</p> <p>У-1 - Определять оптимальные условия эксплуатации измерительных систем</p> <p>У-2 - Установить ошибки технологического процесса при получении неудовлетворительного результата исследования</p> <p>П-1 - Иметь опыт эксплуатации высокотехнологичного экспериментального</p>

		<p>оборудования для решения задач в области нанотехнологии и микросистемной техники</p> <p>П-2 - Предлагать способы оптимизации технологического процесса и устранения ошибок в работе измерительных систем</p>
	<p>ПК-5 - Способен выбирать адекватные задачам экспериментальные методы для исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>	<p>У-1 - Обосновать выбор экспериментальных методов исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Различать особенности экспериментальных исследовательских методов в области нанотехнологий</p>
<p>Проект по модулю «Экспериментальные основы нанотехнологий»</p>	<p>УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач, в том числе в цифровой среде</p>	<p>У-1 - Осмысливать явления окружающего мира во взаимосвязи, целостности и развитии, выстраивать логические связи между элементами системы</p> <p>У-2 - Критически анализировать информацию, формировать собственное мнение и формулировать аргументы для защиты своей позиции</p> <p>У-7 - Оценивать достижения современной цивилизации, основные тенденции общественного и научно-технического развития и глобальной цифровизации, используя методы критического анализа</p> <p>У-11 - Анализировать, сопоставлять и систематизировать информацию, выводить умозаключения, опираясь на законы логики, и правильно формулировать суждения для решения поставленных задач</p> <p>П-8 - Иметь опыт поиска и обобщения научного материала, опираясь на системный анализ процессов и явлений природы и окружающей среды, для решения поставленных задач</p>
	<p>УК-4 - Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)</p>	<p>З-1 - Демонстрировать знания лексических и грамматических единиц (лексико-фразеологического материала) в объеме достаточном для письменного и устного общения по различной тематике в повседневных и профессиональных ситуациях на государственном и иностранном (-ых) языках</p>

		<p>У-1 - Воспринимать на слух развернутые устные сообщения собеседников в повседневных и профессиональных ситуациях общения на государственном и иностранном(-ых) языках и правильно распознавать их смысловые содержания</p> <p>У-4 - Выбирать профессиональную терминологию, наиболее употребительные реплики-клише речевого этикета для формулирования связных, законченных в смысловом отношении текстов деловых писем и документов на государственном и иностранном (-ых) языках</p> <p>П-2 - Составлять в электронном виде презентации докладов и сообщений по различной тематике и публично представлять их в устной форме на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке</p> <p>П-4 - Выполнять последовательный адекватный по форме, содержанию и структуре перевод аутентичного текста в определенной области профессиональной деятельности</p> <p>П-5 - Работая в команде, планировать процесс речеповеденческой коммуникации в зависимости от конкретной ситуации делового взаимодействия, используя коммуникативные стратегии и тактики и оптимальные способы общения</p> <p>П-8 - Подготовить план публичного выступления по определенной теме и провести публичную презентацию с учетом особенностей аудитории и цели</p> <p>Д-1 - Демонстрировать логическое мышление и память, устойчивое внимание</p> <p>Д-2 - Проявлять способность к расширению лексического запаса, совершенствованию устной и письменной речи, развитию общего кругозора и культуры</p> <p>Д-4 - Демонстрировать грамотную речь, ораторское мастерство</p>
	<p>УК-9 - Способен выполнять поиск источников информации</p>	<p>У-1 - Формулировать корректные запросы при поиске информации в сети Интернет и</p>

<p>и данных, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств для эффективного решения поставленных задач</p>	<p>базах данных с учетом особенностей работы разных поисковых систем</p> <p>П-1 - Выполнять поставленные задачи по поиску, обработке, передаче и хранению информации в цифровой форме, используя современные технические средства, пакеты прикладных программ, информационные сервисы и базы данных</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические и системные умения, способность к поиску информации</p>
<p>ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p>
<p>ОПК-3 - Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Изложить основные приемы и методы проведения исследований и изысканий, которые могут быть использованы для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности доступной исследовательской аппаратуры для реализации предложенных приемов и методов решения поставленных прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>З-3 - Описать последовательность действий при обработке и интерпретации полученных результатов исследований и изысканий</p> <p>У-1 - Обосновать выбор приемов, методов и соответствующей аппаратуры для проведения исследований и изысканий, которые позволят решить поставленные прикладные задачи, относящиеся к профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять перечень необходимых ресурсов и временные затраты при составлении плана проведения исследований и изысканий</p>

		<p>У-3 - Анализировать и объяснить полученные результаты исследований и изысканий</p> <p>П-1 - Подготовить и провести экспериментальные измерения, исследования и изыскания для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>П-2 - Представить интерпретацию полученных результатов в форме научного доклада (сообщения)</p> <p>П-3 - Составить план проведения исследований и изысканий, включающий перечень необходимых ресурсов и временные затраты</p> <p>Д-1 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы</p>
	<p>ОПК-5 - Способен разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов</p>	<p>Д-1 - Проявлять развитые коммуникационные умения при согласовании разработанной документации со стейкхолдерами</p>
	<p>ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки</p>

		<p>технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации</p>
	<p>ОПК-7 - Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели</p>	<p>З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования</p> <p>З-2 - Изложить научные основы технологических операций</p> <p>З-3 - Характеризовать способы метрологического обеспечения производственной деятельности, контроля</p>

	<p>получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение производственной деятельности</p>	<p>количественных и качественных показателей получаемой продукции</p> <p>З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности</p> <p>У-1 - Определять необходимое технологическое оборудование для выполнения технологических операций</p> <p>У-2 - Оценить соответствие выбранного технологического оборудования и технологических операций нормам и правилам безопасной эксплуатации, технологическим регламентам и инструкциям</p> <p>У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать их причины и определять способы их устранения</p> <p>У-4 - Оценивать с использованием количественных или качественных показателей соответствие характеристик получаемой продукции установленным техническим требованиям и фиксировать отклонения</p> <p>У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p> <p>У-6 - Определять оптимальные способы метрологического сопровождения технологических процессов</p> <p>П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции</p> <p>П-2 - Рассчитывать показатели ресурсо- и энергоэффективности производственного цикла и продукта</p>
--	---	--

	<p>П-3 - Провести диагностику неполадок и определить способы ремонта технологического оборудования</p> <p>Д-1 - Умение концентрировать внимание на реализации порученного производственного процесса, умение брать на себя ответственность за результат</p>
<p>ПК-1 - Способен проводить экспериментальные исследования по получению и измерению характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>	<p>З-2 - Сделать обзор научно-технической информации по поставленной профессиональной задаче для оптимального планирования экспериментального исследования</p> <p>У-2 - Систематизировать полученные экспериментальные результаты</p> <p>П-1 - Выполнять в соответствии с планом экспериментальные научные исследования по получению и измерению характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники</p>
<p>ПК-2 - Способен проводить анализ результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур и готовить научно-технические отчеты</p>	<p>З-1 - Определить методы обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-1 - Обрабатывать результаты измерений, в том числе с использованием современных программных пакетов</p> <p>У-3 - Соотносить результаты измерений с современным мировым состоянием дел в области нанотехнологий на основе актуальных литературных данных</p> <p>П-1 - Сделать вывод о параметрах наноматериалов и наноструктур на основе анализа результатов измерений</p>
<p>ПК-3 - Способен сопровождать технологические процессы и эксплуатацию измерительных систем в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>У-1 - Определять оптимальные условия эксплуатации измерительных систем</p> <p>П-1 - Иметь опыт эксплуатации высокотехнологичного экспериментального оборудования для решения задач в области нанотехнологии и микросистемной техники</p>
<p>ПК-4 - Способен использовать методы математического моделирования и</p>	<p>З-2 - Интерпретировать результаты моделирования объектов и процессов нанотехнологий и микросистемной техники</p>

	<p>статистического анализа экспериментальных результатов в области нано- и микросистемной техники</p>	<p>У-2 - Анализировать экспериментальные результаты с использованием математического аппарата и программных пакетов для компьютерного моделирования и анализа</p> <p>П-1 - Разрабатывать математические модели и методы анализа экспериментальных результатов в области нано- и микросистемной техники</p>
	<p>ПК-5 - Способен выбирать адекватные задачам экспериментальные методы для исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>	<p>З-1 - Сделать обзор экспериментальных методов исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>П-1 - Предлагать методы исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>Д-1 - Проявлять готовность к освоению новых исследовательских методов</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы получения наноразмерных
материалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гусева Анна Федоровна	кандидат химических наук, доцент	доцент	физической и неорганической химии
2	Кочетова Надежда Александровна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	физической и неорганической химии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Гусева Анна Федоровна, доцент, физической и неорганической химии
- Кочетова Надежда Александровна, Доцент, физической и неорганической химии

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Базовые термины и понятия. Основные классы наноразмерных систем	Основные понятия: нанонаука, нанотехнология, наночастица, наноструктура, наноматериалы. Критерии определения наноматериалов: критический размер и функциональные свойства. Квантовые наноструктуры различной размерности: 0D-, 1D-, 2D-структуры. Основные классы наноразмерных систем. Углеродные наноструктуры (фуллерены, нанотрубки, пиподы). Компактные наноструктурированные материалы: наноструктурированные кристаллы; разупорядоченные твердотельные структуры (наноструктурированные металлы, сплавы; нанокompозиты; нанопористые материалы; наноструктурированные многослойные материалы). Порошковые наноматериалы. Нанометриалы на основе органических веществ (органические нанокристаллы; наноматериалы на основе блок-сополимеров; супрамолекулярные структуры).
2	Диспергационные методы синтеза наноразмерных материалов.	История развития методов синтеза наноматериалов; два основных технологических подхода: диспергационный и конденсационный. Диспергационные методы синтеза. Механическое дробление. Диспергирование макроскопических частиц в растворах. Механохимический синтез нанокompозитов и наночастиц.

		Метод разложения. Возможности и ограничения каждого метода.
3	Растворные методы синтеза	<p>Классификация конденсационных методов получения наноматериалов. Растворные методы синтеза.</p> <p>Методы, основанные на различных вариантах смешения исходных компонентов. Методы химического осаждения (соосаждения). Золь-гель метод. Гидротермальный метод. Метод комплексонатной гомогенизации. Метод замены растворителя. Синтез под действием микроволнового излучения. Метод быстрого термического разложения прекурсоров в растворе (RTDS).</p> <p>Методы, основанные на различных вариантах удаления растворителя. Распылительная сушка. Метод быстрого расширения сверхкритических флюидных растворов (RESS). Криохимический метод.</p> <p>Методы сжигания. Глицин-нитратный метод. Метод Печини. Целлюлозная (тканевая, бумажная) технология. Пиролиз полимерно-солевых композиций.</p>
4	Методы синтеза наноматериалов, основанные на конденсации из газовой фазы.	<p>Методы синтеза, основанные на конденсации из газовой фазы. Методы химической конденсации. Плазмохимический метод синтеза, особенности его реализации при использовании газообразного, капельножидкого и твердого сырья. Метод импульсного лазерного испарения. Метод гидролиза в пламени. Методы физической конденсации. Метод молекулярных пучков. Аэрозольный метод. Метод криоконденсации. Электровзрыв металлических проволок.</p> <p>Использование конденсационных методов для получения оксидных нановолокон и дисперсных фаз из полых наночастиц.</p> <p>Методы получения углеродных наноматериалов: метод лазерного испарения, химическое осаждение из газовой фазы, электродуговой метод.</p>
5	Самосборка и самоорганизация как метод получения наноматериалов	<p>Процессы самоорганизации и самосборки. Самосборка молекул и самосборка материалов; факторы, влияющие на процесс самосборки. Способы управления самосборкой: спонтанная и темплатно-направленная самосборка. Возможности темплатного синтеза. Нанореакторы. Самособирающиеся монослои, методы мягкой литографии.</p>
6	Области применения наноматериалов	<p>Применение наноструктур в химической технологии. Использование нанокатализаторов. Газодиффузионное разделение газовых смесей с использованием пористых наноматериалов. Конструкционные и инструментальные материалы на основе наноструктур. Устройства контроля окружающей среды.</p> <p>Наноэнергетика. Топливные элементы и устройства для хранения энергии.</p> <p>Элементы наноэлектроники и нанофотоники (фотодетекторы, полупроводниковые транзисторы и лазеры, солнечные элементы, наносенсоры и др.) Молекулярные электронные</p>

		<p>устройства (переключатели и электронные схемы на молекулярном уровне). Устройства сверхплотной записи информации. Нанoeлектромеханические устройства (молекулярные- и наномоторы, нанороботы).</p> <p>Применение нанотехнологий в биологии и медицине. Создание биосовместимых поверхностей контакта, имплантатов и искусственных органов. Разработка и анализ лекарственных препаратов. Доставка лекарственных препаратов и генов внутрь клеток. Использование нанотехнологий для улучшения стоматологического и хирургического инструментария.</p>
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-1 - Способен проводить экспериментальные исследования по получению и измерению характеристик материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	<p>З-1 - Изложить основные принципы организации, планирования и проведения научного исследования</p> <p>У-1 - Определить план исследования, с учетом степени значимости и взаимозависимости и ожидаемых результатов измерений</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы получения наноразмерных материалов

Электронные ресурсы (издания)

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : монография.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (Электронное издание)
2. Сергеев, Г. Б.; Нанохимия : монография.; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва; 2007; <http://www.iprbookshop.ru/13145.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии; Физматлит, Москва; 2005 (3 экз.)
2. Суздалев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; URSS, Москва; 2014 (2 экз.)
3. Суздалев, И. П.; Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов; [КомКнига, Москва; 2006] (3 экз.)
4. Пул, Ч., Головин, Ю. И., Лучинин, В. В.; Нанотехнологии : учеб. пособие для вузов.; Техносфера, Москва; 2005 (22 экз.)
5. Сергеев, Г. Б.; Нанохимия; Изд-во Моск. ун-та, Москва; 2003 (2 экз.)
6. Сергеев, Г. Б.; Нанохимия : учеб. пособие для вузов.; Книжный дом «Университет», Москва; 2006 (2 экз.)
7. Сергеев, Г. Б.; Нанохимия : учеб. пособие для вузов.; Книжный дом «Университет», Москва; 2007 (1 экз.)
8. Гусева, А. Ф.; Методы получения наноразмерных материалов : учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2008 (98 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Электронная библиотека УрФУ oras.urfu.ru

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ study.urfu.ru

Зональная научная библиотека УрФУ lib.urfu.ru

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы получения наноразмерных материалов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
---	----------------------------------	--	--

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы изучения наноматериалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Аликин Денис Олегович	кандидат физико-математических наук	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Аликин Денис Олегович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение в сканирующую зондовую (СЗМ) и атомно-силовую микроскопию (АСМ). Базовые принципы работы и реализации сканирующих зондовых микроскопов.	<p>Краткий обзор содержания курса. Введение и терминология. Типы зондов и взаимодействий. История развития СЗМ. Основные принципы работы АСМ. Потенциал взаимодействия зонда с образцом, зависимость силы взаимодействия от расстояния между зондом и образцом. Основные типы кантилеверов – зондовых датчиков, используемых в АСМ. Технология изготовления кантилеверов. Типовые системы регистрации АСМ. Устройство оптического рычага. Построение изображений в АСМ. Принцип работы обратной связи. Режимы постоянной высоты и постоянной силы.</p> <p>Типы сканеров, применяемых в СЗМ, основные свойства пьезокерамических материалов, лежащие в основе их изготовления. Устройство триподных, трубчатых, биморфных и гибридных сканеров. Устройства для грубого подвода и перемещения зонда относительно исследуемой поверхности: редукторы перемещений, шаговые электро- и пьезо-двигатели.</p> <p>Типовая конструкция АСМ. Защита СЗМ от механических вибраций. Пассивные и активные виброизолирующие системы. Защита от акустических шумов.</p>
2	Основы цифровой обработки сигналов и её применения к получению и анализу данных	<p>Основные понятия цифровой обработки сигналов. Временное и частотное представление сигналов. Типы электрических шумов и методы фильтрации. Свёртка и Фурье-преобразование. Модуляционные техники. Селективный усилитель. Методы</p>

	сканирующей зондовой микроскопии.	амплитудной и частотной модуляции. Пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор (PID контроллер). Регулятор с фазовой автоподстройкой частоты (PLL контроллер). Многочастотные методы исследования.
3	Полуконтактная методика атомно-силовой микроскопии	<p>Принцип реализации колебательных методик АСМ. Полу-контактная АСМ и организация обратной связи в полуконтактной АСМ. Эффективная масса и собственная частота механических колебаний кантилевера.</p> <p>Теория колебаний кантилевера: свободные и вынужденные, линейные и нелинейные колебания кантилевера, моды колебаний. Зависимость амплитуды и фазы вынужденных колебаний кантилевера от расстояния между зондом и образцом. Сравнение контактной и полуконтактной методики АСМ. Бесконтактный режим колебаний кантилевера.</p> <p>Метод отображения фазы. Стратегия выбора оптимальных параметров колебаний кантилевера и режима сканирования при исследовании различного типа объектов.</p>
4	Исследование локальных механических свойств материалов при помощи АСМ	<p>Особенности силового взаимодействия кантилеверов с поверхностью: упругие взаимодействия, капиллярные силы, сила Ван-дер-Ваальса, адгезионные силы. Закон Гука и отклонения кантилевера под действием нормальной и поперечной сил. Физический смысл сигналов АСМ. Силовые кривые: методы измерения и физическая интерпретация. Калибровка кантилевера. Модели контактного взаимодействия. Наноидентирование. Алгоритм определения модулей Юнга из данных силовых кривых. Прыжковая АСМ.</p> <p>Модуляционные методики на базе контактной АСМ: микроскопия модуляции силы, атомно-силовая акустическая микроскопия, вязко-эластическая полуконтактная АСМ.</p> <p>Микроскопия сил трения: регистрация латеральных сил взаимодействия зонда и образца, вклады топографии и неоднородности коэффициента трения. Количественная интерпретация результатов микроскопии сил трения.</p>
5	Электростатическая силовая микроскопия (ЭСМ) и микроскопия зонда Кельвина.	<p>Исследование электрических свойств материалов с помощью СЗМ. Зондовые датчики для электрических методик измерения. Электрическое взаимодействие между кантилевером и образцом. Особенности вынужденных колебаний кантилевера при электростатическом взаимодействии зонда с поверхностью при приложении постоянного и переменного электрического напряжения между зондом и образцом. Электростатическая силовая микроскопия. Распределение электрического от зонда АСМ и вклады в сигнал от различных частей кантилевера. Роль расстояния в ЭСМ. Реализация двухпроходных методик. Электрическая силовая микроскопия. Микроскопия зонда Кельвина (МЗК). Связь поверхностного потенциала и работы выхода электронов. Особенности реализации МЗК при амплитудной и частотной модуляции сигнала. Сканирующая емкостная микроскопия.</p>
6	Локальные измерения тока. Микроскопия сопротивления	Сканирующая микроскопия сопротивления растекания и микроскопия проводимости. Физическая реализация. Роль

	<p>растекания и сканирующая туннельная микроскопия.</p>	<p>контактных явлений в микроскопии сопротивления растекания. Измерения и анализ локальных вольтамперных характеристик. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ). Туннельный ток в системах металл-диэлектрик-металл и металл-диэлектрик-полупроводник. Устройство и принцип работы СТМ: туннельный сенсор, требования и методы изготовления туннельных зондов, режимы постоянного тока и постоянной высоты. Ограничения СТМ. Реализация атомарного разрешения в сканирующем туннельном микроскопе. Измерение характеристики ток-расстояние и локальной работы выхода. СТМ спектроскопия: измерение вольтамперных характеристик туннельного контакта и распределения плотности электронных состояний.</p>
<p>7</p>	<p>Исследование сегнетоэлектриков и ферромагнетиков. Силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика (СМПО) и магнито-силовая микроскопия (МСМ).</p>	<p>Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики. Пьезоэлектрический тензор. СМПО для анализа доменной структуры, локального электромеханического отклика и локального переключения поляризации. Количественная интерпретация данных СМПО.</p> <p>Ферромагнетики и суперпарамагнетики. Исследование магнитных свойств материалов методом МСМ. Основные артефакты МСМ. Возможные варианты реализации двухпроходных магнитных методик. Квазистатические методики и колебательные методики МСМ. Количественная интерпретация данных МСМ. Магниторезонансная микроскопия.</p>
<p>8</p>	<p>Основные артефакты изображений СЗМ. Основы обработки СЗМ изображений</p>	<p>Параметры, влияющие на качество и пространственное разрешение изображений, получаемых с помощью СЗМ. Источники искажений и артефактов в СЗМ измерениях.</p> <p>Искажения, обусловленные несовершенством сканирующих элементов СЗМ. Программные и аппаратные методы компенсации недостатков сканирующих элементов, устройство сканеров с линеаризующими элементами.</p> <p>Влияние формы зондов на качество СЗМ изображений, эффект конволюции. Методы диагностики наличия искажений, обусловленных несовершенной формой зонда, методы определения формы зонда и деконволюции результатов измерений. Другие распространённые артефакты измерений СЗМ.</p> <p>Основные типы данных, получаемых при СЗМ измерениях: спектроскопические кривые, изображения, многослойные изображения, параметрические изображения. Варианты визуализации СЗМ изображений: двумерное и трехмерное представление, проведение сечений. Методы коррекции изображений на примере обработки результатов измерения топографии поверхности. Вычитание систематических составляющих: постоянная компонента (общее смещение), постоянный наклон, поверхности высших порядков, соответствующие неидеальной траектории движения сканера. Методы фильтрации СЗМ изображений.</p> <p>Количественный анализ СЗМ изображений. Использование преобразования Фурье и функции автокорреляции для определения геометрических характеристик периодических и</p>

		квазирегулярных структур. Проведение статистического анализа СЗМ изображений: определение шероховатости, статистика зерен, фрактальный анализ.
9	Сканирующая зондовая нанолитография и методы модификации материалов в сканирующей зондовой микроскопии.	Физические основы зондовой литографии в различных режимах СЗМ: СТМ литография, АСМ силовая литография, анодно-окислительная литография, локальное переключение поляризации в сегнетоэлектриках, литография с помощью зонда сканирующего ближнепольного оптического микроскопа, наноманипуляции отдельными атомами и молекулами. Примеры нанолитографии в различных средах с использованием СЗМ.
10	Ближнепольная оптическая микроскопия.	<p>Преимущества методов оптической микроскопии при исследовании материалов. Дифракционный предел пространственного разрешения классической оптической микроскопии. Идея конфокальной оптической микроскопии, повышение пространственного разрешения. Устройство и принцип работы сканирующего лазерного конфокального микроскопа, трехмерное сканирование, горизонтальное и вертикальное разрешение методики в сравнении с классической оптической микроскопией. Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия комбинационного рассеяния: физические основы, техническая реализация и аналитические возможности.</p> <p>Области ближнего и дальнего поля при прохождении света через субволновую диафрагму, преодоление оптического дифракционного предела, идея сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Устройство, принцип действия, типы используемых зондов и основные режимы работы сканирующего ближнепольного оптического микроскопа. Методика регистрации резонанса поперечных сил для контроля расстояния между зондом и поверхностью, реализация системы обратной связи и регистрации топографии поверхности. Безапертурная сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Эффект гигантского усиления сигнала комбинационного рассеяния вблизи острия проводящего зонда.</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной	ПК-3 - Способен сопровождать технологические процессы и эксплуатацию измерительных систем в области	У-1 - Определять оптимальные условия эксплуатации измерительных систем П-1 - Иметь опыт

		ой деятельности	нанотехнологии и микросистемной техники	эксплуатации высокотехнологичного экспериментального оборудования для решения задач в области нанотехнологии и микросистемной техники П-2 - Предлагать способы оптимизации технологического процесса и устранения ошибок в работе измерительных систем
--	--	-----------------	---	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы изучения наноматериалов

Электронные ресурсы (издания)

1. Неволин, В. К.; Зондовые нанотехнологии в электронике : монография.; Техносфера, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260697> (Электронное издание)
2. Неволин, , В. К.; Зондовые нанотехнологии в электронике; Техносфера, Москва; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/26894.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Миронов, В. Л.; Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для вузов.; Техносфера, Москва; 2005 (2 экз.)
2. Рыков, С. А., Ильин, В. И., Шик, А. Я.; Сканирующая зондовая микроскопия полупроводниковых материалов и наноструктур : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Санкт-Петербург; 2001 (12 экз.)
3. ; Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров; Научный мир, Москва; 1997 (1 экз.)
4. Неволин, В. К.; Зондовые нанотехнологии в электронике; Техносфера, Москва; 2005 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Электронная библиотека УрФУ [<https://opac.urfu.ru>]

Реферативно-поисковая база данных Scopus [<http://www.scopus.com>]

Реферативно-поисковая база данных Web of Science [<https://www.webofscience.com/>]

Научная электронная библиотека издательства Springer [<https://link.springer.com>]

Статьи в периодических изданиях:

Domke J., Radmacher M. Measuring the elastic properties of thin polymer films with the atomic force microscope // *Langmuir*. – 1998. – Vol. 14, № 12. – P. 3320–3325. [<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/la9713006>]

Touhami A., Nysten B., Dufrêne Y.F. Nanoscale mapping of the elasticity of microbial cells by atomic force microscopy // *Langmuir*. – 2003. – Vol. 19, № 11. – P. 4539–4543. [<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/la034136x>]

Offroy M. et al. Fast automated processing of AFM PeakForce curves to evaluate spatially resolved Young modulus and stiffness of turgescient cells // *RSC Adv.* – 2020. – Vol. 10, № 33. – P. 19258–19275. [<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/ra/d0ra00669f>]

Soergel E. Piezoresponse force microscopy (PFM) // *J. Phys. D. Appl. Phys.* – 2011. – Vol. 44, № 46. – P. 464003. [<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0022-3727/44/46/464003>]

Melitz W. et al. Kelvin probe force microscopy and its application // *Surf. Sci. Rep.* – 2011. – Vol. 66, № 1. – P. 1–27. [<https://doi.org/10.1016/j.surfrep.2010.10.001>]

Collins L. et al. Towards nanoscale electrical measurements in liquid by advanced KPFM techniques: a review // *Reports Prog. Phys.* – 2018. – Vol. 81, № 8. – P. 086101. [<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6633/aab560>]

Сайт компании «NT-MDT Spectral Instruments» [<https://www.ntmdt-si.ru/resources>]

Сайт компании «Asylum research» [<https://afm.oxinst.com>]

Сайт компании «Zurich Instruments» [<https://www.zhinst.com/europe/en/resources/principles-of-lock-in-detection>]

Сайт компании «Bruker» [<https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/microscopes/materials-afm/afm-modes.html>]

Интернет-канал Atomic Force Microscopy [<https://www.youtube.com/user/AtomicForceMicro>]

Интернет-канал Park Systems [<https://www.youtube.com/c/parknano/playlists>]

Интернет-канал M*N: Microscopy, Machine Learning, Materials [<https://www.youtube.com/channel/UCyh-7XIL-BuymJD7vdoNOvw>]

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Поисковая система Академия Google [<https://scholar.google.com>]

Научная электронная библиотека КиберЛенинка [<https://cyberleninka.ru>]

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы изучения наноматериалов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Gwyddion [http://gwyddion.net]
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Введение в электронную микроскопию
наноструктур

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кузнецов Дмитрий Константинович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кузнецов Дмитрий Константинович, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Основные положения электронной микроскопии	<p>История развития микроскопии и приборов. Предмет электронной микроскопии, сравнение с другими методами микроскопии.</p> <p>Устройство электронного микроскопа: колонна, электронные пушки, электромагнитная оптика, вакуумные системы.</p> <p>Взаимодействие электронов с веществом. Рассеяние электронов. Диффузия электронов. Нагрев и разрушение образца. Обратнотраженные и вторичные электроны. Обратнотраженные электроны от тонких пленок и объемных образцов.</p> <p>Детекторы вторичных электронов и обратнотраженных электронов. Основные типы детекторов. Спектрометры и фильтры.</p> <p>Понятия разрешение, увеличение, глубины резкости в микроскопии. Контрасты в электронной микроскопии. Запись и обработка изображений.</p> <p>Подготовка образцов для электронной микроскопии. Металлы и керамика, частицы и волокна, влажные материалы и биологические образцы. Исследование непроводящих образцов.</p>

2	Аналитические методы исследования в электронной микроскопии	<p>Рентгеновский микроанализ. Типы рентгеновского излучения. Спектрометры с дисперсией по энергиям и по длинам волн. Количественный микроанализ. Методы коррекции в рентгеновском микроанализе. Обработка данных при рентгеновском микроанализе.</p> <p>Дифракция обратно рассеянных электронов. Картина обратно рассеянных электронов. Кичуи линии. Пространственное разрешение метода дифракции обратно рассеянных электронов. Текстура и ориентация кристаллических образцов. Анализ дефектов, фаз и однородности вещества. Выделение зерен и их границ. Анализ микродеформаций и микронапряжений. Системы для анализа дифракционных картин обратно рассеянных электронов. Применение дифракции обратноотраженных электронов в материаловедении.</p> <p>Подготовка образцов для исследований с помощью рентгеновского микроанализа и дифракции электронов.</p>
3	Просвечивающая электронная микроскопия	<p>Основные составные части просвечивающего электронного микроскопа. Электронная пушка. Высоковольтный генератор и ускоритель. Линзовая система осветителя и дефлектор. Держатели образцов. Формирующая линзовая система. Камера наблюдения и камера фоторегистрации. Контрасты в просвечивающей электронной микроскопии. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов. Энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии.</p>
4	Технология фокусированных ионных пучков и электронно-лучевая литография	<p>Взаимодействие ионов с веществом. Физические основы технологии фокусированных ионных пучков. Основные узлы и функциональные блоки микроскопа с ионным пучком. Наноструктурирование поверхности с помощью ионного пучка. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии.</p> <p>Общие принципы электронно-лучевой литографии. Настройка электронно-лучевой системы. Электронные резисты и их характеристики. Основные этапы электронно-лучевой литографии. Использование электронно-лучевых сканирующих систем для изготовления наноструктур.</p>
5	Специальные техники сканирующей электронной микроскопии	<p>Современные достижения электронной микроскопии. Модели электронных микроскопов. Аналитические приставки.</p> <p>Сканирующая электронная микроскопия переменного вакуума. Рассеяние первичного пучка электронов на молекулах газа. Генерация сигнала в газе. Наблюдение образцов в парах воды. Основные конструктивные особенности микроскопов с возможностью наблюдения в переменном вакууме. Режим естественной среды. Рентгеновский микроанализ в микроскопии переменного вакуума. In-situ исследования в микроскопии переменного вакуума.</p> <p>Низковольтная сканирующая электронная микроскопия. Взаимодействие электронов низких энергий с веществом. Основные конструктивные особенности низковольтных</p>

		<p>электронных микроскопов. Получение изображений при низких вольтах. Рентгеновский микроанализ в низковольтной микроскопии.</p> <p>Криоэлектронная микроскопия. Основные конструктивные особенности криоэлектронного микроскопа. Получение изображений в криоэлектронной микроскопии. Подготовка образцов.</p> <p>Корреляционная микроскопия. Основные виды корреляционной микроскопии. In-situ исследования с помощью корреляционной микроскопии.</p> <p>Сканирующая Оже-электронная микроскопия. Генерация Оже электронов. Основные конструктивные особенности Оже микроскопа. Требования к вакуумной системе. Пространственное разрешение. Формирование изображения. Интерпретация изображения, полученного в Оже электронах. Количественный анализ в Оже микроскопии.</p> <p>Применение специальных техник сканирующей электронной микроскопии для исследования в материаловедении, нано- и биотехнологиях. Преимущества использования электронной микроскопии при исследовании биологических объектов. Подготовка биологических образцов. Химическая фиксация образцов. Обезвоживание образцов. Подготовка ультратонких срезов.</p>
--	--	---

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ПК-5 - Способен выбирать адекватные задачам экспериментальные методы для исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	<p>У-1 - Обосновать выбор экспериментальных методов исследования и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-2 - Различать особенности экспериментальных исследовательских методов в области нанотехнологий</p>

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в электронную микроскопию наноструктур

Электронные ресурсы (издания)

1. Кларк, Э. Р., Баженов, С. Л.; Микроскопические методы исследования материалов : монография.; РИЦ Техносфера, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115673> (Электронное издание)

Печатные издания

1. ; Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учеб. для вузов по специальности "Физика металлов" и "Металловедение, оборудование и технология терм. обраб. металлов".; Металлургия, Москва; 1982 (92 экз.)

2. , Криштал, М. М., Ясников, И. С., Полуниин, В. И., Филатов, А. М., Ульяненко, А. Г.; Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Металлургия" и "Физ. материаловедение".; Техносфера, Москва; 2009 (5 экз.)

3. Утевский, Л. М.; Дифракционная электронная микроскопия в металловедении; Металлургия, Москва; 1973 (5 экз.)

4. Шиммель, Г.; Методика электронной микроскопии; Мир, Москва; 1972 (4 экз.)

5. Энгель, Л., Бернштейн, М. Л., Клингеле, Г.; Растровая электронная микроскопия. Разрушение : Справочник.; Металлургия, Москва; 1986 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Электронная библиотека УрФУ [<https://opac.urfu.ru>]

Реферативно-поисковая база данных Scopus [<http://www.scopus.com>]

Реферативно-поисковая база данных Web of Science [<https://www.webofscience.com/>]

Научная электронная библиотека издательства Springer [<https://link.springer.com>]

Научная электронная библиотека eLibrary [<https://elibrary.ru>]

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Поисковая система Академия Google [<https://scholar.google.com>]

Научная электронная библиотека КиберЛенинка [<https://cyberleninka.ru>]

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение в электронную микроскопию наноструктур

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	
--	--	---	--