

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 6

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

д.э.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

В.В. Окрепилов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«22» июня 2023 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Метрологическое обеспечение технологических процессов в nanoиндустрии»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	27.04.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Стандартизация и метрология
Наименование направленности	Метрологическое обеспечение интеллектуальных процессов и производств
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

<u>Доц., к.т.н.</u> (должность, уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	22.06.23	<u>А.Г. Грабарь</u> (инициалы, фамилия)
--	--	----------	--

Программа одобрена на заседании кафедры № 6  
«22» июня 2023 г, протокол № 14

Заведующий кафедрой № 6

<u>д.э.н., проф.</u> (уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	22.06.23	<u>В.В. Окрепилов</u> (инициалы, фамилия)
---	--	----------	--

Ответственный за ОП ВО 27.04.01(01)

<u>Доц., к.т.н.</u> (должность, уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	22.06.23	<u>К.В. Епифанцев</u> (инициалы, фамилия)
---	--	----------	--

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

<u>Доц., к.ф.-м.н.</u> (должность, уч. степень, звание)	 (подпись, дата)	22.06.23	<u>Ю.А. Новикова</u> (инициалы, фамилия)
--	--	----------	---

## Аннотация

Дисциплина «Метрологическое обеспечение технологических процессов в наноиндустрии» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 27.04.01 «Стандартизация и метрология» направленности «Метрологическое обеспечение интеллектуальных процессов и производств». Дисциплина реализуется кафедрой «№6».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен разрабатывать и внедрять новые методы и средства технического контроля»

ПК-2 «Способен осуществлять научно-техническую деятельность и экспериментальные разработки в области обеспечения единства измерений»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с технологическими процессами производства различных объектов наноиндустрии. Основная сложность, с которой приходится сталкиваться в процессе изготовления наноматериалов, является необходимость контроля их основных структурных параметров с помощью измерительных приборов. Поэтому в основе выбора технологических процессов получения наноструктурированных материалов лежат методы и методики исследования характеристик и параметров этих нанообъектов. Правильно выбранные методы и методики исследования параметров и характеристик нанообъектов обеспечивают требуемое качество, в то время как даже незначительные отклонения от установленных требований методик исследования может привести к существенным изменениям свойств.

В настоящее время используется определенный комплекс методов исследования микро и наноструктур, среди которых можно выделить основные группы методов: электронная микроскопия высокого разрешения; методы сканирующей электронной микроскопии; сканирующая туннельная микроскопия; рентгенодифракционные методы с использованием эффекта высокой светимости синхротронных источников; методы электронной спектроскопии для химического анализа.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета. Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение студентами необходимых знаний в сфере метрологического обеспечения технологических процессов в наноиндустрии, связанных с прикладными исследованиями конструированием и практическим использованием материалов и веществ на атомном и молекулярном уровнях, а также средств, методов и методик исследования физических, физико-химических и геометрических параметров и характеристик твердотельных и молекулярных объектов. При этом ключевое внимание уделено изучению особенностей высокоразрешающих методов исследований молекулярных объектов, обеспечивающих получение наиболее полной информации об основных свойствах и характеристиках и протекающих в них процессах.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен разрабатывать и внедрять новые методы и средства технического контроля	ПК-1.3.2 знать виды, принцип действия и классификацию средств измерений, технических устройств с измерительными функциями, средств технического и допускового контроля ПК-1.3.3 знать документы по стандартизации, регламентирующие вопросы единства измерений и метрологического обеспечения производств, контроля качества продукции ПК-1.3.4 знать метод технического контроля качества, принципы нормирования точности ПК-1.У.1 уметь анализировать и определять потребность в разработке новых методах и средствах измерений, контроля и испытаний с целью определения возможности и целесообразности их использования
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен осуществлять научно-техническую деятельность и экспериментальные разработки в области обеспечения единства измерений	ПК-2.3.1 знать правовые акты и нормативные документы в области единства измерений, методы оценки результатов измерений и оценивания неопределённости измерений

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Математические методы и модели в научных исследованиях»,
- «Цифровые измерительные средства на интеллектуальных производствах»,
- «Методы обработки и анализа данных»,
- «Производственная практика - НИР»

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «Производственная преддипломная практика»,
- «ГИА»

### 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№3
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	3/ 108	3/ 108
<b>Из них часов практической подготовки</b>	17	17
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	74	74
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
<b>Семестр 3</b>					
Раздел 1. Общие сведения о сфере нанотехнологий, фундаментальные науки и нанонаука. Тема 1.1. Введение в наномир и в информационные технологии, основные положения. Тема 1.2 Основные черты современных	2	2			10

информационных технологий: Тема 1.3. Нанотехнологии в информационных технологиях					
Раздел 2 Структура, свойства, методы получения и особенности применения наноструктур Тема 2.1 Физико-химические свойства наноструктур, особенности применения Тема 2.2 Углеродные структуры Тема 2.3. Фуллерен. Тема 2.4. Нанотрубки.	2	2			10
Раздел 3. Общая характеристика методов исследований объектов микро и наноструктур Тема 3.1. Характеристика инструментов, измерительных приборов и систем Тема 3.2. Атомно-силовой микроскоп Тема 3.3 Магнитно-силовой микроскоп	3	3			10
Раздел 4. Характеристика концепций молекулярных нанотехнологий Тема 4.1 Объекты молекулярных нанотехнологий, получение твердотельных наноструктур Тема 4.2. Особенности твердотельных наноструктур. Тема 4.3. Объекты наномолекулярной технологии Тема 4.4. Углерод в природе	3	3			10
Раздел 5. Основные гетерогенные процессы формирования наноструктурированных объектов Тема 5.1 Свойства гетерогенных процессов Тема 5.2 Химические гетерогенные процессы.	2	2			10
Раздел 6. Туннельный эффект и сканирующая туннельная микроскопия Тема 6.1 Физический смысл и практическое применение туннельного эффекта Тема 6.2. Практическое применение туннельного эффекта Тема 6.3. Туннельный метод	2	2			10

Раздел 7. Основы механики и конструкций средств измерений наноструктурированных объектов Тема 7.1 Технические характеристики приборов и узлов Тема 7.1. Область применения наноструктурированных объектов Тема 7.2. Свойства острейного зондового датчика. Тема 7.3. Технические характеристики датчика наноперемещений Тема 7.4. Назначение датчика силы и массы Тема 7.5. Назначение и сфера применения зондового датчика	2	2			9
Раздел 8. Безопасность нанотехнологий и проблемы окружающей среды Тема 8.1. Характеристика наночастиц и виды воздействия наночастиц на окружающую среду Тема 8.2 Характеристика наночастиц Тема 8.3. Результаты превышения концентрации Тема 8.4. Методы снижения эффективности воздействия применения наночастиц Тема 8.5 Воздействие наночастиц на окружающую среду.	1	1			5
Итого в семестре:	17	17			74
Итого	17	17	0	0	74

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1. Общие сведения о сфере нанотехнологий, фундаментальные науки и наноинженерия.	Тема 1.1. Введение в наномир и в информационные технологии, основные положения. В настоящее время происходят коренные изменения в сфере высоких технологий, микромеханики и других областях человеческой деятельности, связанных с фундаментальными и прикладными исследованиями, конструированием и практическим использованием материалов, устройств и средств измерений объектов, элементы которых имеют размеры менее 100 нм. Информация (от лат. «Informatio») - это знания, сведения, сообщения, являющиеся объектом хранения, преобразования, передачи и помогающие решать поставленные задачи. Тема 1.2 Основные черты современных информационных технологий:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- компьютерная обработка информации по заданным алгоритмам;</li> <li>- хранение больших объёмов информации на машинных носителях;</li> <li>- передача информации на любые расстояния в ограниченное время. Информационная технология формирует передний край научно-технического прогресса, создает информационный фундамент развития науки и всех остальных технологий. Развитие информационных технологий во всем мире объясняется возросшей интенсивностью информационных потоков вследствие развития процессов глобализации мировой экономики и становления информационного пространства. Управленческая деятельность нуждается в информационном обеспечении, так как обработка информации для принятия управленческих решений и выработки управляющих воздействий занимает достаточно много времени.</li> </ul> <p>Тема 1.3. Нанотехнологии в информационных технологиях</p> <p>Человечество во все времена стремилось улучшить условия своего существования. Теперь большинство из нас уже не может представить себе жизнь без современных благ цивилизации, достижений науки, техники, медицины. Следующим шагом в этом развитии станет освоение нанотехнологий, в частности, систем очень малого размера, способных выполнять команды людей. В настоящее время нанотехнологиям уделяется большое внимание - создаются исследовательские институты, развернута подготовка специалистов. В США этими вопросами занимаются такие известные фирмы, как Intel, MEMS Industry Group, Sandia National Labs. Рассматриваемый круг вопросов - от ручки без разбрызгивания чернил до беспроводной передачи данных, оптических устройств управления оружием и миниспутников. Агентство перспективных разработок МО США реализует программу "Умная пыль", направленную на создание сверхминиатюрных устройств, способных генерировать энергию, проводить мониторинг окружающей среды, накапливать и передавать информацию. Очень значимое достижение в области нанотехнологий - создание ядра операционной системы.</p>
<p>Раздел 2 Структура, свойства, методы получения и особенности применения наноструктур</p>	<p>Тема 2.1 Физико-химические свойства наноструктур</p> <p>В области высоких технологий широко используется классификация дисперсных систем по дисперсности, т.е. по размерам и удельной площади поверхности дисперсной фазы. В первом приближении дисперсные системы подразделяются на грубодисперсные и тонкодисперсные, так называемые коллоидные системы.</p> <p>Тема 2.2 Углеродные структуры</p> <p>Углерод является наиболее распространенным элементом в природе, он существует в твердой фазе и нескольких модификациях с различными физико-химическими свойствами: графит, алмаз, карбин, графен. Важнейшей</p>

	<p>особенностью углерода является способность образовывать цепочки –С –С – С-, которые природа использует для создания биологических полимеров, а человек для производства различных синтетических материалов.</p> <p>Тема 2.3.Фуллерен.</p> <p>В конце прошлого столетия были открыты новые углеродные соединения, среди которых фуллерен, обладающий уникальными свойствами. Фуллерен имеет каркасную структуру, которая состоит из заплаток пяти- и шестиугольной формы. В 1990 г. был разработан метод получения фуллерена.</p> <p>Тема 2.4. Нанотрубки.</p> <p>В 1991 г. в продуктах электродугового испарения графита были обнаружены цилиндрические углеродные конструкции, получившие названия «нанотрубки». Нанотрубка представляет собой протяженные цилиндрические структуры диаметром от одного до нескольких десятков нанометров и длиной до нескольких сантиметров. По существу такая нанотрубка представляет собой одну молекулу, состоящую из миллиона атомов углерода. В общем случае, УНТ обладают уникальными электрическими, механическими и химическими свойствами.</p>
<p>Раздел 3. Общая характеристика методов исследований объектов микро и наноструктур</p>	<p>Тема 3.1.Иструменты нанотехнологий</p> <p>Одними из первых инструментов, которые помогли инициировать идеи нанотехнологий, были так называемые сканирующие зонды. Все типы сканирующих зондов были разработаны в Цюрихе в начале 80-х годов. Сама идея очень проста: если, к примеру, провести пальцем по поверхности, то легко отличить бархат от стали или дерева. В данном эксперименте палец действует как структура измерения силы. Данная идея и положена в основу работы сканирующего микроскопа, одного из распространенных сканирующих зондов. Сканирующий зонд при измерении скользит по поверхности так же, как это делают пальцы. Зонд имеет наноскопический размер (часто всего один атом). При движении он может определять несколько различных свойств, каждое из которых соответствует иному измерению.</p> <p>Тема 3.2. Атомно-силовой микроскоп</p> <p>В атомно-силовом микроскопе электроника используется для измерения силы вводимой кончиком зонда при его движении вдоль поверхности исследуемого объекта.</p> <p>Тема 3.3 Магнитно-силовой микроскоп</p> <p>В магнитно-силовом микроскопе зонд, сканирующий поверхность, является магнитным, он позволяет почувствовать на поверхности локальную магнитную структуру. Зонд магнитно-силового микроскопа работает подобно считывающей головки винчестера или магнитофона. Сканирующие микроскопы позволили впервые увидеть объекты размером с атом.</p>
<p>Раздел 4. Характеристика концепций молекулярных</p>	<p>Тема 4.1.Ключевые идеи развития нанотехнологий</p> <p>Идею о том, что возможно создавать нужные нам устройства</p>

нанотехнологий

и другие объекты, собирая их "молекула за молекулой" и, даже, "атом за атомом" обычно возводят к знаменитой лекции одного из крупнейших физиков XX века Ричарда Фейнмана «Там внизу — много места». Эта лекция была прочитана им в 1959 году; большинство современников восприняли её как фантастику или шутку.

Современный вид идеи молекулярной нанотехнологии начали приобретать в 80-е годы XX века в результате работ К. Э. Дрекслера, которые также сначала воспринимались как научная фантастика. При этом фундаментальная монография "Наносистемы. Молекулярная техника, производство и вычисления" имеет, несомненно, основополагающее значение. Сам термин нанотехнология стал популярен именно после выхода в свет знаменитой книги Э. Дрекслера "Машины творения" и последовавшей за этим дискуссии. Позже Дрекслер в своих научных работах стал использовать термин молекулярная нанотехнология (МНТ) для различения предлагаемых им решений.

Тема 4.2. Особенности твердотельных наноструктур.

Оценки параметров наномеханических устройств и машин - в своих работах Э. Дрекслер и его последователи оценивали параметры в основном механических устройств, которые они могли бы иметь при приближении размера компонент к молекулярному масштабу. Это обусловлено не тем, что они недооценивают важность электрических, оптических и т. д. эффектов, а тем, что механические конструкции гораздо проще и достовернее масштабируются. При этом осознаётся, что электрические и прочие эффекты могут дать значительные дополнительные возможности. Произведя соответствующее масштабирование Дрекслер получил следующие численные оценки:

- позиционирование реагирующих молекул с точностью  $\sim 0.1$  нм;
- механосинтез с производительностью  $\sim 10^6$  опер/сек на устройство;
- молекулярная сборка объекта массой 1 кг за  $\sim 10^4$  сек;
- работа наномеханического устройства с частотой  $\sim 10^9$  Гц.

Тема 4.3. Объекты наномолекулярной технологии

Были проведены исследования по вопросам возможного функционирования работы "устройства" аналогичного масштаба в живых организмах. В качестве примера целесообразно рассмотреть работу представителя живого организма АТФ-синтаза являющегося ферментом, преобразующим разность концентраций протонов по разные стороны мембраны в энергию, запасённую в молекулах аденозинтрифосфата (АТФ). Последнее используется практически всеми механизмами клетки в качестве универсального носителя энергии. АТФ-синтаза присутствует в "энергетических станциях" растительных и животных клеток - хлоропластах и митохондриях и представляет собой довольно сложную конструкцию из

	<p>нескольких типов единиц - белковых молекул.</p> <p>Тема 4.4. Углерод в природе</p> <p>Всё живое на Земле состоит из соединений углерода. Значение этого элемента трудно переоценить. Оно определяется огромным разнообразием его форм в соединениях. Углеродные цепочки могут образовывать линейный скелет молекул, циклические и сложные объёмные скелетные структуры; углерод представляет огромный интерес и в чистом виде, принимая различные формы от алмаза до молекулярных волокон и нанотрубок. Ковалентная связь углерод-углерод является наиболее прочной из известных. До сравнительно недавнего времени известны были только две разновидности упорядоченного чистого углерода - алмаз и графит. Потом были обнаружены и другие - сначала были синтезированы молекулярные волокна, затем открыты полые сферические молекулы - фуллерены; при поиске эффективных методов синтеза последних были обнаружены углеродные нанотрубки. Именно материалы на основе углерода Дрекслер рассматривает в качестве основных кандидатов для изготовления конструкций наномеханизмов</p>
<p>Раздел 5. Основные гетерогенные процессы формирования наноструктурированных объектов</p>	<p>Тема 5.1. Особенности гетерогенных процессов.</p> <p>Под гетерогенными процессами понимают технологические процессы, происходящие на границе раздела фаз и формирующие гетерогенные системы. Гетерогенная система представляет собой термодинамическую систему, состоящую из различных по физическим и химическим свойствам частей или фаз, которые отделены друг от друга поверхностями раздела. Каждая из фаз при этом гомогенна и ее поведение подчиняется законам термодинамики.</p> <p>Тема 5.2. Химические гетерогенные процессы.</p> <p>Многие гетерогенные процессы не связаны с химическими реакциями и основаны только на физико-химических явлениях. Химические гетерогенные процессы включают в качестве этапа химические реакции, которые идут в одной из фаз после перемещения туда реагентов или на поверхности раздела фаз. На гетерогенные равновесия влияют температура, давление, концентрации реагентов и продуктов реакции. Равновесие гетерогенных процессов определяется константой равновесия химических реакций, законом распределения компонентов между фазами и правилом фаз. Равновесные концентрации компонентов в соприкасающихся фазах определяются законом распределения вещества, который устанавливает постоянное соотношение между равновесными концентрациями вещества в двух фазах системы при определенной температуре. Гетерогенные процессы</p> <p>Тема 5.3 Свойства гетерогенных процессов</p> <p>Механизм гетерогенных процессов сложнее гомогенных, так как взаимодействию реагентов, находящихся в разных фазах, предшествует их доставка к поверхности раздела фаз и массообмен между фазами. Поэтому скорость гетерогенных</p>

	<p>некаталитических процессов, как правило, меньше скорости гомогенных процессов. Массообмен между фазами осуществляется с помощью диффузии и характеризуется коэффициентом массообмена где <math>D</math> — коэффициент диффузии, <math>\delta</math> - толщина пограничного слоя. Для расчета <math>\beta</math>, который служит описательной характеристикой и для более сложных механизмов переноса, используют критериальные уравнения. <math>\beta = D / \delta</math> в период протекания гетерогенного процесса.</p>
<p>Раздел 6. Туннельный эффект и сканирующая туннельная микроскопия</p>	<p>Тема 6.1. Физический смысл туннельного эффекта Физический смысл туннельного эффекта заключается в прохождении через потенциальный барьер электрона (микрочастицы), энергия которой меньше, чем высота барьера. Строгое объяснение этого эффекта дает квантовая механика (исходя из неопределенности импульса микрочастицы в области барьера). Еще в XVII в. И. Ньютон сформулировал законы классической механики, что стало великим событием в истории физики.</p> <p>Тема 6.2. Практическое применение туннельного эффекта Туннельный эффект уже давно весьма эффективно используется в науке и технике. В частности, на нем основан принцип действия известных туннельных диодов и многих других полупроводниковых приборов. В настоящее время эффект широко применяется в сверхчувствительных записывающих головках магнитных дисков, сканирующих туннельных микроскопах, приборах ядерной физики и т.д.</p> <p>Тема 6.3. В туннельном микроскопе измеряется величина электрического тока, проходящего между сканирующим зондом и поверхностью. В зависимости от того, как проводятся измерения, микроскоп можно использовать либо для проверки локальной геометрии (насколько поверхность локально выступает вперед), либо для измерения локальных характеристик электропроводности.</p>
<p>Раздел 7. Основы механики и конструкций средств измерений наноструктурированных объектов</p>	<p>Тема 7.1. Область применения наноструктурированных объектов Большинство нанообъектов имеет углеродную основу. Долгие годы считалось, что углерод может образовывать только две аллотропные кристаллические структуры - алмаз и графит.</p> <p>Тема 7.2. Свойства острейшего зондового датчика. Одним из объектов нанометрологии является острейший зондовый датчик, используемый в сканирующей зондовой микроскопии для исследования размеров и свойств поверхности нанообъектов. Датчик состоит из полупроводникового кристалла (чипа), гибкой консоли (собственно кантилевера) и твердотельного зонда (иглы).</p> <p>Тема 7.3. Технические характеристики датчика наноперемещений В качестве измерительных преобразователей в нанотехнологии используется датчик наноперемещений, представляющий собой совокупность механического элемента и транзистора. Механическим элементом является</p>

	<p>брусоч (наноэлектромеханическая переключка) из арсенида галлия, закрепленный с обоих концов. Размеры бруска: длина 3 мкм, ширина 250 нм, толщина 200 нм. Детектор перемещения - одноэлектронный транзистор - расположен на расстоянии 250 нм от бруска. Транзистор электрически соединен с брусочом через емкость. Внешнее напряжение, приложенное к брусочу, заставляет его вибрировать. При перемещении бруска относительно детектора изменяется ток, протекающий через транзистор.</p> <p>Тема 7.4. Назначение датчика силы и массы</p> <p>В датчике силы и массы в качестве первичного измерительного преобразователя использована однослойная углеродная нанотрубка диаметром 1 - 4 нм, расположенная между двумя золотыми электродами. Размеры канавки, через которую протянута нанотрубка: ширина 500 нм, длина 1,5 мкм. Большая упругость углеродной нанотрубки позволяет ей колебаться в широком диапазоне частот (от 3 до 200 МГц). Она может также работать в качестве транзистора, что позволяет определять частоту ее колебаний и смещение относительно положения покоя. Устройство работает в вакууме, поскольку на воздухе большое число молекул будет сталкиваться с нанотрубкой или даже абсорбироваться на ней. В зависимости от воздействия внешней силы на измерительный преобразователь он изменяет свое положение. Достигнутая чувствительность устройства позволяет измерять смещение в 0,5 нм.</p> <p>Тема 7.5. Назначение и сфера применения зондового датчика</p> <p>Промышленностью освоены в серийном производстве десятки видов конструкции кантилеверов. Они выпускаются с одной, двумя, тремя или четырьмя консолями. Консоль может быть в плане прямоугольной или треугольной, длинной или короткой, с покрытием или без покрытия. Радиус закругления иглы зонда - от 1 до 25 нм..</p>
<p>Раздел 8. Безопасность нанотехнологий и проблемы окружающей среды</p>	<p>Тема 8.1. Условия применения объектов нанотехнологий</p> <p>Вопросы безопасности применения нанотехнологий и воздействие их на состояние окружающей среды естественно весьма актуальны, представляют интерес для ученых и специалистов, в настоящее время слабо изучены. Имеющийся в настоящее время опыт развития нанотехнологий показал, что они могут представлять опасность для человека и окружающей среды, причем опасность эта часто своевременно не выявляется. Примером тому могут быть изменение уровня радиации по сравнению с природным уровнем, повышенная токсичность подобная применению асбеста или средства ДДТ, или концентрация наночастиц в воздухе, когда нормируется весовая концентрация при определенном фоне.</p> <p>Тема 8.2 Характеристика наночастиц</p> <p>Наноматериалы в окружающей среде, сводка актуальных проблем: источники и стоки наночастиц, свободные и связанные искусственные наночастицы, взаимодействие</p>

	<p>наночастиц с природными материалами, наночастицы как загрязнители окружающей среды, перенос наночастиц в природных условиях, наночастицы как переносчики загрязнителей.</p> <p>Тема 8.3. Результаты превышения концентрации При значительном повышении концентрации микрочастиц в воздухе наблюдается увеличение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- смертности от неспецифических причин;</li> <li>- приступов астмы и использования противоастматических лекарств;</li> <li>- смертности пациентов, страдающих хроническими заболеваниями легких;</li> <li>- осложнений в течение хронических заболеваний легких;</li> <li>- смертности от сердечно - сосудистых заболеваний и госпитализации по поводу последних.</li> </ul> <p>Тема 8.4. Методы снижения эффективности воздействия применения наночастиц Основные методы, необходимые для снижения воздействия на экологию: принципы предосторожности, обязательное специальное регламентирование нанотехнологий, охрана здоровья и безопасности населения и рабочих, производящих наноматериалы. Для разработки регламентирующих документов по экологическим проблемам использования нанотехнологий и наноматериалов необходимы систематические исследования по оценке жизненного цикла наноматериалов, включая их разработку, производство, транспортировку, применение изделий, переработку и утилизацию: перед продвижением продукта на рынок необходимо оценить воздействие полного жизненного цикла наноматериалов на окружающую среду, здоровье и безопасность людей.</p> <p>Тема 8.5 Воздействие наночастиц на окружающую среду. Нанотехнологии могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье населения, поэтому параллельно с созданием новых классов наноматериалов и изучением их свойства происходит формирование государственной политики в сфере нанотехнологий и стратегии их дальнейшего развития в мире в целом и в каждой отдельной стране в отдельности.</p>
--	--

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 3					
1	Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии	Проведение внешнего осмотра и подготовка СЗМ к работе в режиме атомно-силовой микроскопии	2	1	2; 7
2	Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии	Проведение внешнего осмотра и подготовка СЗМ к работе, подготовка образца к исследованию	2	1	3
3	Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии	Обработка результатов исследования образца и анализ результатов измерений	5	2	2
4	Подготовка электронного микроскопа и функциональных блоков (узлов) к работе в основных рабочих режимах	Порядок и последовательность включения и выключения СЗМ мод.Solver PRO-M	4	3	3
5	Организация проведения поверки сканирующих зондовых микроскопов	Порядок и последовательность проведения поверки эл. микроскопа мод. Solver PRO-M	2	1	7
6	Организация проведения калибровки сканирующих зондовых микроскопов	Порядок проведения калибровки эл. микроскопа мод. Solver PRO-M	2	1	3; 7
Всего			17	9	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	14	14
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	50	50
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	74	74

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<a href="https://znanium.com/catalog/product/1060845">https://znanium.com/catalog/product/1060845</a> (дата обращения: 07.09.2021). – Режим доступа: по подписке.	Одинцов, Б. Е. Модели и проблемы интеллектуальных систем : монография / Б.Е. Одинцов. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 219 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1060845. - ISBN 978-5-16-015839-6.	
<a href="https://www.booktech.ru/books/nanotehnologii">https://www.booktech.ru/books/nanotehnologii</a>	Физические основы микро- и нанoeлектроники, Дурнаков А.А., /учебное пособие/, УрФУ, 2020, - 252 с.	
<a href="https://znanium.com/catalog/product/1984948">https://znanium.com/catalog/product/1984948</a>	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение :	

	монография / под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга, Т. П. Каминской. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 601 с. - ISBN 978-5-00101-142-2. - Текст : электронный.	
<a href="https://znanium.com/catalog/product/1894131">https://znanium.com/catalog/product/1894131</a> (дата обращения: 22.08.2023). – Режим доступа: по подписке.	Филимонов, В. Е. Микроскопический анализ дисперсного состава порошков : учебное пособие / В. Е. Филимонов, А. В. Мороз. - Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2020. - 76 с. - ISBN 978-5-8158-2167-5. - Текст : электронный.	

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://science.guap.ru">http://science.guap.ru</a>	Научная и инновационная деятельность ГУАП
<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
<a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>	Информационно-правовой портал «ГАРАНТ»
<a href="http://list-of-lit.ru/nano/nnotechnologii">http://list-of-lit.ru/nano/nnotechnologii</a>	Список литературы по нанотехнологии

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
-------	--------------

Не предусмотрено
------------------

### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лаборатория искусственного интеллекта и цифровых технологий в метрологии	13-13

### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты; Задачи.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Опишите физический смысл хроматической аберрации	ПК-1.3.4
2	Проанализируйте в чем различие характеристик разрешения оптического электронного микроскопов	ПК-1.У.1
3	Проанализируйте характеристику разрешающей способности ЭМ	ПК-1.У.1
4	Опишите назначение и устройство и свойства источника электронов	ПК-1.3.3
5	Назовите конструктивные особенности системы освещения ЭМ	ПК-1.3.3
6	Опишите устройство системы коррекции астигматизма в ЭМ	ПК-3.3.3
7	Опишите принцип работы и устройство системы изображения ЭМ	ПК-3.3.2
8	Опишите блок-схему и принцип работы микроскопа БСОМ	ПК-3.3.2
9	Опишите блок-схему и принцип действия Оже-спектрометра	ПК-3.3.2
10	Опишите микроскоп, блок- схему, принцип действия	ПК-1.3.3
11	Опишите фотоэлектронную рентгеновскую спектроскопию, блок-схему, принцип действия	ПК-1.3.3
12	Опишите принцип работы рамановской спектроскопии, блок-схемы процесса измерений.	ПК-1.3.3
13	Опишите назначение принцип действия фотолуминесцентной спектроскопии	ПК-1.3.3
14	Опишите информационные технологии в измерительных системах	ПК-3.3.3
15	Опишите информационные технологии в нанотехнологиях	ПК-3.3.3
16	Опишите принципы и основные элементы искусственного интеллекта	ПК-3.3.3
17	Опишите физические принципы луча микроскопа	ПК-1.3.4
18	Опишите физические принципы действия методов и средств масс-	ПК-1.3.3

	спектрометрии	
19	Опишите физическую сущность туннельного эффекта в радиоэлектронике	ПК-1.3.3
20	Опишите основные понятия и определения в области нанотехнологий	ПК-1.3.2
21	Проанализируйте, чем наноструктурированные материалы отличаются от классических материалов?	ПК-1.У.1
22	Опишите основные особенности наноразмерных величин, их количественное значение.	ПК-1.3.2
23	Опишите единицы измерения и наименования в области нанотехнологий	ПК-1.3.3
24	Проанализируйте линейные размеры особей животного мира и искусственных объектов в сравнительных значениях нанотехнологий	ПК-1.У.1
25	Опишите основные события истории развития нанотехнологий в период с 400 г. до н.э. по 1959 г.	ПК-1.3.2
26	Опишите основные события истории развития нанотехнологий в период с 1959 по н/в.	ПК-1.3.2
27	Опишите подходы к научному определению термина «нанотехнология»	ПК-1.3.3
28	Какой вывод можно сделать о работах Ж.И. Алфёрова в области нанотехнологий	ПК-1.У.1
29	Опишите основные идеи Э. Дрекслера о роле нанотехнологий в развитии современного общества, изложенные в книге «Машины созидания»	ПК-1.3.2
30	Проанализируйте ожидаемые параметры наномеханических устройств.	ПК-1.У.1
31	Опишите принцип работы наноустройства в живых организмах (на примере молекулы «АТФ Синтаза»).	ПК-1.3.2
32	Опишите углерод в природе, в чем заключается его особая роль?	ПК-1.3.2
33	Опишите простейшие конструкции приборов и узлов отдельных различных наноустройств	ПК-1.3.2
34	Проанализируйте возможные пути применения приборов и машин МНТ	ПК-1.У.1
35	Опишите принципы самоорганизации, присущие наиболее распространенным объектам нанотехнологий	ПК-1.У.1
36	Опишите принципы самосборки, присущие наиболее распространенным объектам нанотехнологий	ПК-1.3.2
37	Проанализируйте использование самоорганизации в НТ. Основные свойства самоорганизующихся систем	ПК-1.У.1
38	Проанализируйте наноматериалы, наименования, назначение, основные определения, какие объекты к ним относятся?	ПК-1.У.1
39	Проанализируйте основные типы наноматериалов, разделение по признакам измерений и размерности	ПК-1.У.1

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	<p><i>Исследование микро- и наноструктур.</i> .            Проанализируйте ,какие методы диагностики наиболее распространены для исследования физических параметров и характеристик нанообъектов:            -электронная микроскопия высокого разрешения;            -отражательная электронная микроскопия;            -микроскопия медленных электронов.;            -оптическая микроскопия.</p>	ПК-3.У.1
2	<p><i>Важнейшие технологические достижения во второй половине двадцатого столетия.</i>            Проанализируйте, что способствовало, в наибольшей степени, интенсивному развитию нанотехнологий в стране и за рубежом?            -технология создания электровакуумных приборов;            -создание микромодульных элементов;            -создание интегральных печатных плат;            -создание полупроводниковых элементов электронной техники.</p>	ПК-3.У.1
3	<p><i>Физическая сущность закона Гордона Мура.</i>            Проанализируйте, в чем заключается смысл эмпирического закона Мура?            -объяснят принцип получения черно-белого изображения кадра телевизора;            -закон объясняет принцип функционирования оптоволоконного элемента;            -предельные границы быстродействия компьютера;            -предельное число размещения транзисторов на печатной плате компьютера.</p>	ПК-3.У.1
4	<p><i>Средства измерения для исследования наноструктур.</i>            Проанализируйте, в чем заключается основные достоинства электронного микроскопа?            -улучшены весовые и габаритные характеристики приборов,            -возможностьцифрового представления результатов анализа;            -более совершенная, по сравнению с оптическим микроскопом, система получения изображения наблюдаемого объекта;            -возможность получения более разнообразной информации об объекте;            -пределы увеличения исследуемого объекта.</p>	ПК-1.3.2
5	<p><i>Основные параметры и характеристики микроскопов</i>            Назовите предельные значения характеристики увеличения оптического микроскопа:            - 100 раз;            - 200 раз;            - 400 раз;            - 700 раз;            - 1000 раз;            - 1500 раз</p>	ПК-1.3.2

6	<p><i>Основные параметры и характеристики микроскопов.</i>  Установите предельные значения увеличения электронного микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1000 раз;</li> <li>- 2000 раз;</li> <li>- 5000 раз;</li> <li>- 8000 раз;</li> <li>- 1млн. раз;</li> <li>- 2 млн. раз</li> </ul>	ПК-1.3.2
7	<p><i>Основные параметры и характеристики микроскопов.</i>  Проанализируйте, чем определяется разрешающая способность оптического микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уровнем освещенности рабочей линзы;</li> <li>- величиной фокусного расстояния;</li> <li>- совершенством отклоняющей системы;</li> <li>- длиной волны света.</li> </ul>	ПК-3.У.1
8	<p><i>Основные параметры и характеристики микроскопов.</i>  Проанализируйте, чем определяется разрешающая способность электронного микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкцией системы изображения микроскопа;</li> <li>- устройством электронной пушки;</li> <li>- системой считывания результатов обработки измерений;</li> <li>- расстоянием пролета электрона;</li> <li>- скоростью пролета электрона.</li> </ul>	ПК-3.У.1
9	<p>Величина 1 нм (для наглядности) во сколько раз меньше толщины человеческого волоса:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в 1000 раз;</li> <li>- в 10 тыс. раз;</li> <li>- в 100 тыс. раз;</li> <li>- в 200 тыс. раз</li> </ul>	ПК-3.У.1
10	<p>Начало вопроса: назовите размерность нанометрового диапазона:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10-3м;</li> <li>- 10-5 м;</li> <li>- 10-6 м;</li> <li>- 10-10 м;</li> <li>- 10-7 м;</li> <li>- 10-9м</li> </ul>	ПК-3.У.1
11	<p>Развитие сферы нанотехнологий в стране и за рубежом.  Начало вопроса: В какой период времени человечество стало применять продукты нанотехнологий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в период до нашей эры;</li> <li>- во II веке н/э;</li> <li>- в XVIII в.;</li> <li>- в XIX веке.</li> </ul>	ПК-1.3.3
12	<p>Начало вопроса: Что послужило приоритетом в развитии нанотехнологий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание периодической таблицы химических элементов;</li> <li>- открытие квантовой механики,;</li> <li>- открытие атомной модели строения вещества;</li> </ul> <p>экспериментальное подтверждение идеи атомно-молекулярной теории</p>	ПК-1.3.2

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

11.2. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходиться к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

### Структура предоставления лекционного материала:

- лекции согласно разделам (табл.3) и темам (табл.4).

Учебное пособие по освоению лекционного материала имеется в изданном виде  
Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение :  
монография / под ред. У. Жу, Ж. Л. Уанга, Т. П. Каминской. - 4-е изд. - Москва :  
Лаборатория знаний, 2021. - 601 с. - ISBN 978-5-00101-142-2.

### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

#### Структура и форма отчета о практической работе

Отчет о выполненной работе должен содержать: титульный лист, основную часть, выводы по результатам исследований .

На титульном листе должны быть указаны: название дисциплины, название лабораторной работы, фамилия и инициалы преподавателя, фамилия и инициалы студента, номер его учебной группы и дата защиты работы.

Основная часть должна содержать задание, результаты экспериментально-практической работы, расчетно-аналитические материалы, листинг кода/скрин экрана.

Выводы по проделанной работе должны содержать основные результаты по работе.

#### Требования к оформлению отчета о практической работе

Титульный лист отчета должен соответствовать шаблону, приведенному в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

Оформление основной части отчета должно быть оформлено в соответствии с ГОСТ 7.32-2017. Требования приведены в секторе нормативной документации ГУАП <https://guap.ru/standart/doc>

При формировании списка источников студентам необходимо руководствоваться требованиями стандарта ГОСТ 7.0.100-2018. Примеры оформления списка источников приведены в секторе нормативной документации ГУАП. <https://guap.ru/standart/doc>

#### Структура и форма отчета о практической работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать: титульный лист, основную часть, выводы по результатам исследований .

*На титульном листе* должны быть указаны: название дисциплины, название лабораторной работы, фамилия и инициалы преподавателя, фамилия и инициалы студента, номер его учебной группы и дата защиты работы.

*Основная часть* должна содержать задание, результаты экспериментально-практической работы, расчетно-аналитические материалы.

*Выводы* по проделанной работе должны содержать результаты экспериментов, проведенных студентами на стендах, их рефлексированные выводы по значимости эксперимента, анализу видов и последствий потенциальных погрешностей, которые могли влиять на «чистоту эксперимента». Также вывод должен содержать ответ на вопрос – какие основные наиболее сложные элементы методики им было необходимо выполнить и с чем данная сложность была связана.

### 11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются: учебно-методический материал по дисциплине;  
методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

1. Подготовка лекционного материала по темам, представленным в таблице 3, и по темам, отмеченных \* в соответствии с литературой, представленной в таблице 9.

2. Подготовка к контрольным работам в соответствии с методическими указаниями  
В течение семестра студенты  
- защищают практические работы (5 шт);  
- выполняют тестирования по материалам лекции в среде LMS.

Для текущего контроля успеваемости используются тесты, приведенные в таблице 18.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

В течение семестра студенты  
- решают задания в формате тестирования;  
- защищают лабораторные работы (5 шт)

Для текущего контроля успеваемости необходимо представить не менее 1 протокола о работе после 4-х часов проведенных лабораторных работ. Также в качестве защиты работ может быть

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой