

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

Кафедра № 6

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

Р.Н. Целмс

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«18» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретические основы нанодиагностики»

(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	27.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники
Наименование направленности/ специализации	Метрологическое обеспечение космических средств
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

18.02.26.

(подпись, дата)

А.Г. Грабарь

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 6

« 18 » февраля 2026 г, протокол № 08-02/2026

Заведующий кафедрой № 6

д.э.н., проф.

(уч. степень, звание)

18.02.26

(подпись, дата)

В.В. Окрепилов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

18.02.26

(подпись, дата)

Н.Ю. Ефремов

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Теоретические основы нанодиагностики» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 27.05.02 «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники» направленности/специализации «Метрологическое обеспечение космических средств». Дисциплина реализуется кафедрой «№6».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен проводить анализ состояния метрологического обеспечения в подразделении метрологической службы организации»

ПК-3 «Способен осуществлять работы по выявлению и предотвращению несоответствий продукции предъявляемым требованиям»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами исследования физических, физико-химических и геометрических параметров и характеристик твердотельных и молекулярных структур. Эти методы и средства диагностики широко входят в практику исследования и изучения нанообъектов, обладают высоким разрешением, поэтому реально позволяют проводить исследования нанообъектов на атомарном уровне, вплоть до визуализации самой структуры объектов.

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 зачета (7 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Целью преподавания дисциплины является получение студентами необходимых знаний в сфере высоких технологий связанных с прикладными исследованиями конструированием и практическим использованием материалов и веществ на атомном и молекулярном уровнях, а также средствах, методов и методик исследования физических, физико-химических и геометрических параметров и характеристик твердотельных и молекулярных объектов. При этом особое 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 проводить анализ состояния метрологического обеспечения в подразделении метрологической службы организации	ПК-1.3.2 знать принципы нормирования точности измерения ПК-1.3.3 знать область применения методов измерения ПК-1.3.4 знать конструктивные особенности и принципы работы средств измерения, технологические возможности в области применения средств измерения ПК-1.У.1 уметь определять необходимость разработки нормативных документов, регламентирующих работы по метрологическому обеспечению ПК-1.В.1 владеть навыками анализа состояния средств измерений, эталонов, поверочных схем, нормативных документов, регламентирующих работы по метрологическому обеспечению ПК-1.В.3 владеть навыками выявления и оценки погрешностей измерения и ошибок контроля.
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен осуществлять работы по выявлению и предотвращению несоответствий продукции предъявляемым требованиям	ПК-3.3.2 знать документы по стандартизации и методические документы, регламентирующие вопросы управления качеством, вопросы делопроизводства, качества продукции, качества сырья, качества материалов. ПК-3.3.3 знать физические принципы работы, возможности и области применения методов и средств измерений ПК-3.У.3 уметь выбирать и разрабатывать

		методы и средства контроля технологического процесса, технологической операции, разрабатывать схемы измерений и контроля ПК-3.В.3 владеть навыками разработки предложений по предупреждению и устранению брака изделий.
--	--	---

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Математический анализ»,
- «Физика»,
- «Введение в информационные технологии»,
- «Основы технической документации»,
- «Метрология. Общая теория измерений»,
- «Метрология. Обеспечение единства измерений»,
- «Методы и средства измерений»,
- «Интеллектуальная обработка и анализ экспериментальных результатов»

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

- «Производственная преддипломная практика».

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
		№7
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	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)		
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Зачет,	Зачет,

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)
Семестр 7					
Раздел 1. Характеристика концепций нанотехнологий Тема 1. Основные понятия нанотехнологий и информационных технологий. Общие сведения об объектах исследования наноструктур. Назначение, определения, классификация. Тема 1.1. Введение в наномир и в информационные технологии, основные положения. Тема 1.2. Нанотехнологии в информационных технологиях. Тема 1.3. Искусственный интеллект и машинное обучение.	4	4			8
Раздел 2. Методы исследования нанообъектов. Тема 2.1 Физико-химические свойства наноструктур. Тема 2.2 Углеродные структуры. Тема 2.3. Новые углеродные соединения. Тема 2.4. Нанотрубки.	5	5			10
Раздел 3. Основные гетерогенные процессы формирования наноструктурированных объектов Тема 3.1. История развития нанотехнологий. Тема 3.2. Особенности твердотельных наноструктур. Тема 3.3. Объекты наномолекулярной технологии.	4	4			10
Раздел 4. Принципы построения технических средств исследования наноструктур Тема 4.1. Инструменты нанотехнологий. Тема 4.2. Атомно-силовой микроскоп. Тема 4.3. Туннельный микроскоп. Тема 4.4. Магнитно-силовой микроскоп.	4	4			10
Итого в семестре:	17	17			38
Итого	17	17	0	0	38

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	<p>Тема 1. Основные понятия нанотехнологий и информационных технологий. Общие сведения об объектах исследования наноструктур. Назначение, определения, классификация.</p> <p>Тема 1.1. Введение в наномир и в информационные технологии, основные положения.</p> <p>В настоящее время происходят коренные изменения в сфере высоких технологий, микромеханики и других областях человеческой деятельности, связанных с фундаментальными и прикладными</p>

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.

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.

Тема 1.2. Нанотехнологии в информационных технологиях.

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.

Ядром – центральная часть операционной системы (ОС), обеспечивающая приложениям координированный доступ к ресурсам компьютера, таким как процессорное время, память и внешнее аппаратное обеспечение. Также обычно ядро предоставляет сервисы файловой системы и сетевых протоколов. На данное время уже выпущены операционные системы на основе 2, 4 и 6 ядер.

Сегодня уже создан новый теплоотводный интерфейс, призванный защищать микросхемы будущего от перегрева. Ученые решили отказаться от традиционного интерфейса на мазевой основе, содержащей мелкие металлические частицы. Вместо этого они предложили выращивать теплоотводные элементы прямо на поверхности микросхемы.

В результате поверхность чипа покрывалась целым лесом наноскопических углеродных нанотрубочек, которые и представляли собой основу нового теплоотводного интерфейса. Для выращивания нанолеса на поверхности полупроводника были нанесены рисунок с использованием специальных шаблонов из молекул с разветвленной цепью, именуемых дендримерами (dendrimers). Затем в точках разветвления рисунка были размещены частицы-катализаторы роста углеродных трубочек, выполненные из переходных металлов: железа, никеля, кобальта или палладия диаметром порядка 10 нм. Обработанные катализаторами полупроводники помещались в камеру с метановой атмосферой, где и происходил собственно процесс "выращивания" углеродных нанотрубок с диаметром, стремящимся к таковому частиц-катализаторов.

Тема 1.3. Искусственный интеллект и машинное обучение.

Искусственный интеллект характеризуется методами, которые позволяют имитировать человеческое поведение. На основе данных об особенностях интеллекта и расшифровках аспектов обучения машина

	<p>может воспроизвести эти процессы. Выделяют три группы систем искусственного интеллекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ограниченный искусственный интеллект (Narrow AI) — решение одной конкретной задачи; - общий искусственный интеллект (AGI) – может выполнять много задач как человеческий мозг; - сверхразумный искусственный интеллект – выше интеллекта человека. <p>Машинное обучение – направление искусственного интеллекта, включающее методы, с помощью которых можно обучить. Машины получают данные и обучаются по ним. Например, решение класса задач на распознавание образов.</p> <p>Глубокое обучение – подмножество машинного обучения – использует нейронные сети для решения реальных задач. Нейронные сети имитируют человеческое поведение в процессе принятия решений.</p> <p>Компьютерное зрение- область искусственного интеллекта, направленная на анализ видео и изображений. Компьютер наделяют набором методов, с помощью которых он извлекает информацию из увиденного. Машины могут обнаруживать, отслеживать и классифицировать объекты.</p> <p>Нейросети – математическая модель, программа которой функционирует подобно мозгу живого организма. Сущность нейросетей заключается в построении программы по принципу функционирования биологических нейронных сетей. С помощью нейронных сетей решают задачи классификации, предсказания, распознавания.</p> <p>Блокчейн и криптовалюты.</p> <p>Блокчейн – непрерывная цепочка блоков для хранения информации, сформированная по определенным правилам. Цифровые данные защищены от подмены и изменений.</p> <p>Криптовалюта – разновидность цифровой валюты. Ее количество определяется количеством данных расчетных единиц, которое записывается в соответствующей позиции информационного пакета протокола передачи данных. Большие данные или Big Data – структурированные или неструктурированные массивы данных большого объема. Их используют для статистики, анализа, принятия решений.</p> <p>Тема 1.2 Инструменты нанотехнологии.</p> <p>Современные методы исследования, применяемые в нанотехнологиях стали возможны, когда были разработаны и инструментально подтверждены основные идеи атомно-молекулярной теории и получены первые рентгеновские дифракционные изображения кристаллических структур. Важным событием в истории нанонуки стало изобретение просвечивающей электронной микроскопии, позволяющей получить изображение наноразмерных структур, а также изобретение сканирующего туннельного микроскопа.</p> <p>Тема 1.3 Исследование объектов нанотехнологий</p> <p>Предметом нанотехнологий является новые объекты – наноструктуры, которые имеют субмикронный размер в одном из направлений, которые в свою очередь, нуждаются в классификации. В основу классификации положены структура, состав, а также их физико-химические свойства.</p>
Раздел 2	<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 - углерод является наиболее</p>

	<p>распространенным элементом в природе, он существует в твердой фазе и нескольких модификациях с различными физико-химическими свойствами: графит, алмаз, карбин, графен. Важнейшей особенностью углерода является способность образовывать цепочки $-C-C-C-$, которые природа использует для создания биологических полимеров, а человек для производства различных синтетических материалов.</p> <p>Тема 2.3. 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. 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</p>	<p>Тема 3.1. История развития нанотехнологий.</p> <p>Идею о том, что возможно создавать нужные нам устройства 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.</p> <p>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.</p> <p>Тема 3.2. Особенности твердотельных наноструктур.</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - позиционирование реагирующих молекул с точностью ~ 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. <p>Тема 3.3. Объекты наномолекулярной технологии.</p> <p>Были проведены исследования по вопросам возможного функционирования работы "устройства" аналогичного масштаба в живых</p>

	<p>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 нескольких типов единиц - белковых молекул.</p>
Раздел 4	<p>Тема 4.1. Инструменты 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 4.2. 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 4.3. Туннельный микроскоп.</p> <p>В туннельном микроскопе измеряется величина электрического тока, проходящего между сканирующим зондом и поверхностью. Туннельная микроскопия – это практически первый разработанный метод зондового сканирования, нашедшего широкое применение.</p> <p>Тема 4.4. 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>

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 7					
1	Основные черты современных ИТ. Структурированность стандартов цифрового обмена данными алгоритмов	Анализ и оценка ресурсов, необходимых для управления информацией, ПО, необходимое для создания, хранения, управления,	4	4	1

		передачи и поиска информации			
2	Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии	Проведение внешнего осмотра и подготовка СЗМ к работе в режиме атомно-силовой микроскопии	4	4	2
3	Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии	Проведение внешнего осмотра и подготовка СЗМ к работе, подготовка образца к исследованию	5	5	3
4	Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии	Обработка результатов исследования образца и анализ результатов измерений	4	4	4
Всего			17		

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 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	6	6
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)	15	15
Подготовка к промежуточной	7	7

аттестации (ПА)		
	Всего:	38
		38

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)
https://znanium.ru/catalog/product/2241506 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Рамсен, Дж. Физико-технические основы бионанотехнологий и наноиндустрии : учебное пособие / Дж. Рамсен. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2026. - 335 с.	
https://znanium.ru/catalog/product/2102024 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы : учебное пособие / В. И. Смирнов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 232 с.	
https://znanium.ru/catalog/product/2173280 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Казаков, В. Д. Нанотехнологии, наноматериалы, наноэлектроника, нанофотоника в радиоэлектронике : справочник / В. Д. Казаков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 164 с.	
https://znanium.ru/catalog/product/2133405 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Основы технологии наноматериалов : учебное пособие (лабораторный практикум) / сост. И. М. Шевченко, М. А. Ясная, А. В. Блинов [и др.]. - Ставрополь : Изд-во СКФУ,	

	2022. - 62 с.	
https://znanium.ru/catalog/product/2239178 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. — 5-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2026. - 400 с.	
https://znanium.ru/catalog/product/2241331 Режим доступа: для авторизованных пользователей.	Келсалл, Р. Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография / Р. Келсалл, А. Хамли ; под. ред. Р. Келсалл. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2026. - 527 с.	

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
https://guap.ru/m/science/sciact	Научная и инновационная деятельность ГУАП
http://metrologu.ru	Главный форум метрологов
http://www.vniim.ru	ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

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
Зачет	Список вопросов; Тесты.

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 связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий.
«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. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения;

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий.

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-1.3.2
2	Проанализируйте в чем различие характеристик разрешения оптического электронного микроскопов.	ПК-1.3.3
3	Проанализируйте характеристику разрешающей способности ЭМ.	ПК-1.3.4
4	Опишите назначение и устройство и свойства источника электронов.	ПК-1.У.1
5	Назовите конструктивные особенности системы освещения ЭМ.	ПК-1.В.1
6	Опишите устройство системы коррекции астигматизма в ЭМ.	ПК-1.В.3
7	Опишите принцип работы и устройство системы изображения ЭМ.	ПК-3.3.2
8	Опишите блок-схему и принцип работы микроскопа БСОМ.	ПК-3.3.3
9	Опишите блок-схему и принцип действия Оже-спектрометра.	ПК-3.У.3
10	Опишите микроскоп, блок- схему, принцип действия..	ПК-3.В.3
11	Опишите фотоэлектронную рентгеновскую спектроскопию, блок-схему, принцип действия	ПК-1.3.2
12	Опишите принцип работы рамановской спектроскопии, блок-схемы процесса измерений.	ПК-1.3.3
13	Опишите назначение принцип действия фотолюминесцентной спектроскопии.	ПК-1.3.4
14	Опишите информационные технологии в измерительных системах.	ПК-1.У.1
15	Опишите информационные технологии в нанотехнологиях.	ПК-1.В.1
16	Опишите принципы и основные элементы искусственного интеллекта.	ПК-1.В.3
17	Опишите физические принципы луча микроскопа.	ПК-3.3.2
18	Опишите физические принципы действия методов и средств масс-спектрометрии.	ПК-3.3.3
19	Опишите физическую сущность туннельного эффекта в радиоэлектронике.	ПК-3.У.3

20	Опишите основные понятия и определения в области нанотехнологий.	ПК-3.В.3
----	--	----------

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	<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.	ПК-1.3.2
2	<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.	ПК-1.3.3
3	<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.	ПК-1.3.4
4	<i>Средства измерения для исследования наноструктур.</i> Проанализируйте, в чем заключается основные достоинства электронного микроскопа? -улучшены весовые и габаритные характеристики приборов, -возможность цифрового 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.	ПК-1.У.1
5	<i>Основные параметры и характеристики микроскопов</i> Назовите предельные значения характеристики увеличения	ПК-1.В.1

	<p>оптического микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 раз; - 200 раз; - 400 раз; - 700 раз; - 1000 раз; - 1500 раз. 	
6	<p><i>Основные параметры и характеристики микроскопов.</i> Установите предельные значения увеличения электронного микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1000 раз; - 2000 раз; - 5000 раз; - 8000 раз; -1млн. раз; -2 млн. раз. 	ПК-1.В.3
7	<p><i>Основные параметры и характеристики микроскопов.</i> Проанализируйте, чем определяется разрешающая способность оптического микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> -уровнем освещенности рабочей линзы; -величиной фокусного расстояния; -совершенством отклоняющей системы; -длиной волны света. 	ПК-3.3.2
8	<p><i>Основные параметры и характеристики микроскопов.</i> Проанализируйте, чем определяется разрешающая способность электронного микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> -конструкцией системы изображения микроскопа; -устройством электронной пушки; -системой считывания результатов обработки измерений; -расстоянием пролета электрона; -скоростью пролета электрона. 	ПК-3.3.3
9	<p><i>Преимущества электронного микроскопа.</i> Проанализируйте, чем объясняется высокая разрешающая способность электронного микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> -геометрическими размерами рабочей зоны; -использованием электронного потока вместо светового потока; -длиной волны электрона. 	ПК-1.3.3
10	<p>11. Проанализируйте, какая серия стандартов в настоящее время является основной для стандартов из области ИТ?</p> <ul style="list-style-type: none"> a. серия 25000; b. серия 9000; c. серия 14000; d. серия 16000. 	ПК-1.3.3
11	<p>12. Установите два основных стандарта в области ИТ.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 12207:1995; b. 19760:2003; c. 16326:1999; d. 90003:2004; e.15288:2002. 	ПК-1.3.2
12	<p>13. Установите аббревиатуру международного союза электросвязи:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. IEEE; b. IEC; 	ПК-3.3.3

	с. ITU; d. ISO.	
--	--------------------	--

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.

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, приходить 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).

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя

комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Практические занятия проводятся в следующих формах:

- моделирование ситуаций применительно к профилю профессиональной деятельности обучающихся;
- решение ситуационных задач
- групповая дискуссия.

Преподаватель при проведении занятий выполняет функцию консультанта, который направляет коллективную работу студентов на принятие правильного решения. Занятие осуществляется в диалоговом режиме, основными субъектами которого являются студенты.

11.3. 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.

11.4. 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.

Студент после изучения теоретического материала, а также после выполнения практических работ, допускается к собеседованию при прохождении аттестации в форме зачета.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Система оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с руководящим документом организации РДО ГУАП. СМК 3.76 "Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов и аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования в ГУАП" <https://docs.guap.ru/smk/3.76.pdf>.

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