

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

ДОН.К.Т.П.

(подпись, уч. запись, дата)

Р.Н. Егоров

(подпись)

«26» июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технология
обеспечения качества»

Код направления подготовки/специальности	27.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Метрические обеспечение измерения и точной техники
Наименование направления специальности	Метрологическое обеспечение космических средств
Формы обучения	очная
Год приема	2024

Идет согласование рабочей программы дисциплины

Программа составлена на

ДОН.К.Т.П. ДОН.

(подпись, уч. запись, дата)

26.06.24

А.Г. Гайдарь

(подпись, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 6

«26» 06 2024 г. протокол № 14

Заседующий кафедрой № 6

А.А.И. Дубо

(подпись, подпись)

26.06.24

В.В. Озеркина

(подпись, фамилия)

Засеститель директора института ФИИП по метрологической работе

ДОН.К.Р.-М.И. ДОН.

(подпись, уч. запись, дата)

26.06.24

Ю.А. Тюникова

(подпись, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Наноматериалы» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 27.05.02 «Метрологическое обеспечение вооружения и военной техники» направленности «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 наноматериалов, а также средствами измерений 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 исключительно высоким разрешением, поэтому реально позволяют проводить измерения и исследования нанообъектов на атомарном уровне, вплоть до визуализации самой атомно-молекулярной структуры нанообъектов. .

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.

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

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 области нанотехнологий, связанных с исследованием физико-химических свойств наноматериалов, а также средств, 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-1.3.4 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.У.3 уметь устанавливать оптимальные нормы точности измерений и достоверности контроля с учетом ошибок 1-го и 2-го рода. 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-3.3.4 знать методики контроля испытания продукции ПК-3.3.5 знать национальные, межгосударственные, международные стандарты и нормативно-правовые акты ПК-3.3.6 знать международные технические регламенты ПК-3.У.3 уметь выбирать и разрабатывать методы и средства контроля технологического процесса, технологической операции, разрабатывать схемы измерений и контроля ПК-3.У.4 уметь определять этапы производственного процесса, оказывающие наибольшее влияние на качество изготавливаемых изделий ПК-3.В.3 владеть навыками разработки

		предложений по предупреждению и устранению брака изделий. ПК-3.В.4 владеть навыками разработки программ и методик измерений и испытаний
--	--	--

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- физические основы измерений и эталоны;
- методы и средства измерений, испытаний и контроля;
- основы информатизации измерений;
- основы электротехники и радиотехники;
- основы моделирование систем и процессов;
- прикладная и законодательная метрология;
- общая теория измерений

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

- - цифровые методы и средства измерений;
- - производственная практика;
- - 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
		№4
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
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
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 4					
Раздел 1. Введение в область нанотехнологий. Виды наноструктур, назначение, основные	2		2		4

определения, классификация наноматериалов.					
Раздел 2. Структура, свойства, методы получения и особенности применения наноструктур	3		3		8
Раздел 3. Характеристика концепций молекулярных нанотехнологий	4		3		6
Раздел 4. Общая характеристика методов исследований объектов микро и наноструктур	2		2		4
Раздел 5. Методы исследований и изучения физико-химических свойств нанообъектов и структур	3		3		8
Раздел 6. Физические принципы построения технических средств исследования наноструктур	3		3		8
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17	0	17	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. 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.</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 приписанные команды. .</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 нанонки 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</p>

	<p>основу классификации положены структура, состав, а также их физико-химические свойства.</p>
Раздел 2	<p>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 - 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 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>
Раздел 3	<p>Характеристика концепций молекулярных нанотехнологий</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</p>

	<p>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 ~10⁶ опер/сек на устройство; - молекулярная сборка объекта массой 1 кг за ~10⁴ сек; - работа наномеханического устройства с частотой ~10⁹ Гц. <p>Тема 3.3. Объекты наномолекулярной технологии</p> <p>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 нескольких типов единиц - белковых молекул.</p> <p>Тема 3.4. 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 4</p>	<p>Характеристика методов исследований объектов микро и наноструктур</p> <p>Тема 4.1. Инструменты для исследования объектов 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 головке винчестера или магнитофона.</p> <p>Сканирующие микроскопы позволили впервые увидеть объекты размером с атом.</p>
<p>Раздел 5</p>	<p>Методы исследований и изучения физико-химических свойств нанообъектов и систем</p> <p>Тема 5.1. Назначение и состав</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. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ).</p> <p>МЛЭ – технологический процесс эпитаксиального выращивания слоев, кристаллическая решетка которых повторяет решетку подложки. С помощью технологии МЛЭ выращивают гетероструктуры заданной толщины с моноатомногладкими гетерограницами и заданным профилем легирования. Следует отметить, что эпитаксия – это один из важнейших технологических процессов при создании микро- и наноструктур.</p> <p>Тема 5.3. Формирование структур на основе коллоидных растворов</p> <p>Коллоидные растворы или золи представляют собой жидкие системы с частицами дисперсной фазы или мицеллами перемешивающимися свободно и независимо в процессе броуновского движения. Размер частиц лежит в пределах 10 – 100 нм, сами частицы могут располагаться относительно друг друга ближе, чем на диаметр частицы. Метод формирования упорядоченных наноструктур непосредственно из наночастиц, сформированных в коллоидных растворах, дает возможность в широких пределах варьировать размеры частиц, а также изменять электронные свойства частиц.</p> <p>Тема 5.4. Золь-гель-технология</p> <p>Золь-гель-технология – представляет собой технологический процесс получения материалов, с определенными химическими и физико-химическими свойствами, включающий получение золя и перевод его в гель. В общем случае, золь-гель-технология на свойстве золя или коллоидного раствора и представляют собой структурированные системы с жидкой дисперсионной средой. Этим методом могут быть синтезированы нанокомпозиты на основе керамики гетерометаллического типа и др.</p>
<p>Раздел 6</p>	<p>Физические принципы построения технических средств исследования наноструктур</p> <p>Тема 7.1. Особенности применения средств диагностики наноструктур</p>

	<p>Современное развитие физики и технологии твердотельных наноструктур, проявляющееся в непрерывном переходе топологии элементов электронной техники от субмикронных к нанометровым размерам, потребовало разработку новых и совершенствование уже существующих средств и методов диагностики, а также создание образцов оборудования для анализа свойств и процессов в наносистемах. Сегодня существует огромное количество типов и видов средств диагностики. Для исследования наноструктур, поучения наноразмерных систем и новых наноструктурных материалов с заданными свойствами, необходимо по-новому решать задачи исследования наноструктуру. Для этого требуется изменение традиционных методов, а также создание и развитие совершенно новых средств и методов, процессов присущих объектам нанометрового масштаба.</p> <p>Тема 7.2. Методы электронной спектроскопии Для химического анализа фотоэлектронной микроскопии, фотолюминесценции, которые в настоящее время активно развиваются с перспективами существенного повышения разрешающей способности используемых средств. Известно, что человек способен разглядеть объекты размером приблизительно 0.1 мм. С точки зрения физиологии глаз это простая оптическая система. В 1873 г. было сформулировано правило оптических систем, согласно которому минимальные размеры различаемых деталей рассматриваемого объекта, не могут быть меньше, чем длина волны света (400 нм). Разрешающая способность оптических микроскопов составляет приблизительно 200 нм. Поэтому возникла необходимость в создании систем с более высокой разрешающей способностью, а следовательно с видеосистемами, используемых меньшие длин волн, что и привело к созданию электронных микроскопов.</p> <p>Тема 7.3. Средства электронной микроскопии В настоящее время используются определенный комплекс методов диагностики наноструктур, среди них целесообразно выделить наиболее распространенные – все разновидности средств электронной микроскопии высокого разрешения. Это исторически первый прибор и метод реально обеспечивающий визуализацию структуры объектов с атомным разрешением.</p> <p>Тема 7.4 Назначение и свойства сканирующий электронного микроскопа Сканирующий электронного микроскопа который вплотную приближается по разрешению к атомному уровню, сохраняя возможность получения информации о физических, химических электрических и др. свойствах исследуемых нанообъектов.</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
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

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
Семестр 4				
1	Анализ и оценка ресурсов, необходимых для управления информацией, ПО, необходимое для создания, хранения, управления, передачи и поиска информации	2	2	5
2	Проведение внешнего осмотра и подготовка СЗМ к работе в режиме атомно-силовой микроскопии	2	2	5
3	Проведение внешнего осмотра и подготовка СЗМ к работе, подготовка образца к исследованию	2	2	6
4	Обработка результатов исследования образца и анализ результатов измерений	3	3	6
5	Порядок и последовательность включения и выключения СЗМ мод.Solver PRO-M	4	4	4
6	Порядок и последовательность проведения поверки эл. микроскопа мод. Solver PRO-M	4	4	5
Всего		17	16	

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 4, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	24	24
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	4	4
Домашнее задание (ДЗ)	6	6
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	4	4
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://www.booktech.ru/books/nanotehnologii	Физические основы микро- и наноэлектроники, Дурнаков А.А., /учебное пособие/, УрФУ, 2020, -252 с.	
https://obuchalka.org/knigi-po-nanotehnologiyam	Физические основы нанотехнологий и наноматериалы, Смирнов В.И. /учебное пособие/, Ульяновск, УлГТУ, 2017, 240 с.	
https://obuchalka.org/knigi-po-nanotehnologiyam	Базовые технологии микро- и наноэлектроники: Воротынец В.М., Скупов В.Д., -М, , Проспект, 2017, -519 с.	
https://obuchalka.org/knigi-po-nanotehnologiyam	Материалы и методы нанотехнологий, Старостин В.В. /учебное пособие/, -М, Бином, 2016, -431с.	
https://obuchalka.org/knigi-po-nanotehnologiyam	Наноматериалы: учебное пособие/, Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури, -М, Бином, 2017, -343 с.	
https://obuchalka.org/knigi-po-nanotehnologiyam	Вычислительные нанотехнологии, Попов А.М., /учебное пособие/, Кно-Рус, 2017, -126 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
http://science.guap.ru	Научная и инновационная деятельность ГУАП
http://www.consultant.ru	Справочно-правовая система «Консультант Плюс»
http://www.garant.ru	Информационно-правовой портал «ГАРАНТ»
http://list-of-lit.ru/nano/nnotechnologii	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)
2	Мультимедийная лекционная аудитория	52-51
5	Специализированная лаборатория «Лаборатория исследования наноматериалов»	Территория ФБУ «Тест - С.-Петербург

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; 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	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – 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»	<ul style="list-style-type: none"> – 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"> – 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; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«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.

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	Основные идеи и понятия нанотехнологий данные в работах Н. Танигучи.	ПК-5.3.1
2	В какой области промышленного производства впервые стали реализовывать идеи нанотехнологий	ПК-5.У.1
3	Идея лекции Э. Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики»?	ПК-6.3.1
4	Основные положения лекции, прочитанной Р. Фейнманом в 1959 г.	ПК-8.3.1
5	Основные понятия и определения в области нанотехнологий	ПК-8.3.1
6	Чем наноструктурированные материалы отличаются от классических материалов?	ПК-8.У.1
7	Основные особенности наноразмерных величин, их количественное значение.	ПК-2.3.1
8	Единицы измерения и наименования в области нанотехнологий	ПК-5.3.1
9	Линейные размеры особей животного мира и искусственных объектов в сравнительных значениях нанотехнологий	ПК-5.У.1
10	Основные события истории развития нанотехнологий в период с 400 г. до н.э. по 1959 г.	ПК-6.3.1
11	Основные события истории развития нанотехнологий в период с 1959 по н.в.	ПК-8.3.1
12	Разные подходы к научному определению термина «нанотехнология»	ПК-8.У.1
13	О работах Ж.И. Алферова в области нанотехнологий	ПК-2.3.1
14	Основные идеи Э. Дрекслера о роле нанотехнологий в развитии современного общества, изложенные в книге «Машины созидания»	ПК-5.3.1

15	Основные оценки ожидаемых параметров наномеханических устройств.	ПК-5.У.1
16	Характеристика и принцип работы наноустройства в живых организмах (на примере молекулы «АТФ Синтаза»).	ПК-6.3.1
17	Углерод в природе, в чем заключается его особая роль?	ПК-8.3.1
18	Простейшие конструкции приборов и узлов отдельных различных наноустройств	ПК-8.У.1
19	Возможные пути применения приборов и машин МНТ	ПК-2.3.1
20	Принципы самоорганизации, присущие наиболее распространенным объектам нанотехнологий	ПК-5.3.1
21	Принципы самосборки, присущие наиболее распространенным объектам нанотехнологий	ПК-5.У.1
22	Использование самоорганизации в НТ. Основные свойства самоорганизующихся систем	ПК-6.3.1
23	Наноматериалы, наименования, назначение, основные определения, какие объекты к ним относятся?	ПК-8.3.1
24	Основные типы наноматериалов, разделение по признакам измерений и размерности	ПК-8.У.1
25	Основы классификации и типы структур наноматериалов	ПК-2.3.1
26	Основные категории наноматериалов	ПК-5.У.1
27	Особенности свойств наноматериалов, направления их использования	ПК-6.3.1
28	Основные области применения объектов наноструктурных объектов	ПК-8.3.1
29	Краткая характеристика конструкционных, инструментальных и износостойких материалов	ПК-8.У.1
30	Использование наноматериалов в электронной технике Назначение, краткая характеристика электронного микроскопа	ПК-2.3.1
31	Физический смысл свойств ЭМ: увеличение, разрешение, разрешающая способность.	ПК-5.3.1
32	Условия формирования и свойства электронного луча микроскопа	ПК-5.У.1
33	Физический смысл хроматической аберрации	ПК-6.3.1
34	В чем различие характеристик разрешения оптического и электронного микроскопов	ПК-8.3.1
35	Характеристика разрешающей способности ЭМ	ПК-8.У.1
36	Назначение и устройство и свойства источника электронов	ПК-2.3.1
37	Конструктивные особенности системы освещения ЭМ	ПК-5.3.1
38	Устройство системы коррекции астигматизма в ЭМ	ПК-5.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
-------	--

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. Развитие сферы нанотехнологий в стране и за рубежом. Начало вопроса: В какой период времени человечество стало применять продукты нанотехнологий: - в период до нашей эры; - во II веке н/э; - в XVIII в.; - в XIX веке.	ПК-2.3.1
	2. Начало вопроса: Что послужило приоритетом в развитии нанотехнологий: - создание периодической таблицы химических элементов; - открытие квантовой механики; - открытие атомной модели строения вещества; экспериментальное подтверждение идеи атомно-молекулярной теории	ПК-5.3.1
	3. Начало вопроса: назовите размерность нанометрового диапазона: - 10^{-3} м; - 10^{-5} м; - 10^{-6} м; - 10^{-10} м; - 10^{-7} м; - 10^{-9} м	ПК-6.3.1
	4. Начало вопроса: Величина 1 нм (для наглядности) во сколько раз меньше толщины человеческого волоса: - в 1000 раз; - в 10 тыс. раз; - в 100 тыс. раз; - в 200 тыс. раз	ПК-5.3.1
	5. Начало вопроса: Что такое «нано». Место наноразмерных объектов в окружающей среде, какие наноразмерные объекты попадают в нанодиапазон и примерная их размерность (для сравнения): - размерность биоклетки; - толщина человеческого волоса; - кишечная палочка; - мин. Размер элемента БИС; - размерность вируса; - диаметр атома водорода.	ПК-5.3.1
	6. Кого из известных ученых можно считать основоположником развития нанотехнологий как науки Начало вопроса: - Э. Шредингер; - Ф. Картер; - Н. Танигучи; - Э. Дрекслер; - Р. Фейнман; - Ж. Алферов	ПК-2.3.1
	7. Исследование микро- и наноструктур. . Начало вопроса: Какие методы диагностики наиболее распространены для исследования физических параметров и характеристик нанобъектов: - электронная микроскопия высокого разрешения; - отражательная электронная микроскопия; - микроскопия медленных электронов.; - оптическая микроскопия.	ПК-5.3.1
	8. Важнейшие технологические достижения во второй половине двадцатого столетия. Начало вопроса: Что способствовало, в наибольшей степени, интенсивному развитию нанотехнологий в стране и за рубежом? Начало вопроса: - технология создания электровакуумных приборов; - создание микромодульных элементов; - создание интегральных печатных плат;	ПК-6.3.1

	<p>- создание полупроводниковых элементов электронной техники.</p> <p>9. Физическая сущность закона Гордона Мура. Начало вопроса: В чем заключается смысл эмпирического закона Мура?</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>10. Средства измерения для исследования наноструктур. Начало вопроса: В чем заключается основные достоинства электронного микроскопа?</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>11. Основные параметры и характеристики микроскопов. Начало вопроса: Назовите предельные значения характеристики увеличения оптического микроскопа:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 раз; - 200 раз; - 400 раз; - 700 раз; - 1000 раз; - 1500 раз <p>12. Основные параметры и характеристики микроскопов. Начало вопроса: 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 <p>13. Основные параметры и характеристики микроскопов. Начало вопроса: 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. <p>14. Основные параметры и характеристики микроскопов. Начало вопроса: 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. <p>15. Преимущества электронного микроскопа. Начало вопроса: 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. <p>16. Основные параметры и характеристики электронных микроскопов. Начало вопроса: От чего зависит величина волны электронного потока в микроскопе:</p> <ul style="list-style-type: none"> - габариты рабочей зоны; - величиной напряжения на аноде; - конструкцией системы изображения микроскопа; - архитектуры отклоняющей системы микроскопа <p>17. Какая серия стандартов в настоящее время является основной для</p>	<p>ПК-5.3.1</p> <p>ПК-2.3.1</p> <p>ПК-5.3.1</p> <p>ПК-2.3.1</p> <p>ПК-6.3.1</p> <p>ПК-2.3.1</p> <p>ПК-2.3.1</p>
--	--	---

	<p>стандартов из области ИТ?</p> <p>a. серия 25000; b. серия 9000; c. серия 14000; d. серия 16000.</p> <p>18. Выделите два основных стандарта в области ИТ.</p> <p>a. 12207:1995; b. 19760:2003; c. 16326:1999; d. 90003:2004; e. 15288:2002.</p> <p>19. Назовите аббревиатуру международного союза электросвязи:</p> <p>a. IEEE; b. IEC; c. ITU; d. ISO.</p> <p>20. Укажите аббревиатуру, обозначающую термин «Всеобщий менеджмент качества».</p> <p>a. TQC; b. MBQ; c. UQM;</p>	ПК-6.3.1
--	---	----------

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
(Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине).

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:
- Сканирующая микроскопия: /Учебное пособие/ Т.П. Мишура, А.Г. Грабарь , - СПб.; ГУАП, 2016, - 107 с.
 - Наноматериалы и технологии: / Учебное пособие/ Т.П. Мишура, А.Г. Грабарь , - СПб.; ГУАП, 2015, - 107 с.
 - Методы и средства, применяемые в нанодиагностике: /Учебно-методическое пособие/ А.Г. Грабарь, Н.Н. Скориантов, Р.Н. Целмс, - СПб.; ГУАП, 2023, - 102 с.

Материалы для освоения имеются в электронном виде

Курс в системе LMS <https://lms.guap.ru/new/course/view.php?id=263>

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

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.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ
Обязательно для заполнения преподавателем

Структура и форма отчета о лабораторной работе
Обязательно для заполнения преподавателем

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе
Обязательно для заполнения преподавателем

Если методические указания по прохождению лабораторных работ имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*)

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы
Обязательно для заполнения преподавателем

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы
Обязательно для заполнения преподавателем

Если методические указания по курсовому проектированию/ выполнению курсовой работы имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

11.6. 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.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

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).

Если методические указания по прохождению самостоятельной работы имеются в изданном виде, в виде электронных ресурсов библиотеки ГУАП, системы LMS, кафедры и т.д., необходимо дать на них ссылку или привести URL адрес.

11.7. 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.

Обязательно для заполнения преподавателем: указываются требования и методы проведения текущего контроля успеваемости, а также как результаты текущего контроля успеваемости будут учитываться при проведении промежуточной аттестации.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

– 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».

– 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».

Обязательно для заполнения преподавателем: указываются требования и методы проведения промежуточной аттестации.

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