

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

---

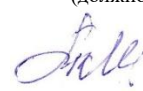
Кафедра №6

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)



Т.П. Мишура

(подпись)

20.05.2020г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретические основы нанодиагностики»

(Название дисциплины)

Код направления	27.03.01
Наименование направления	Стандартизация и метрология
Наименование направленности	Метрология, стандартизация, сертификация
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2020г.

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

Доцент, к.т.н.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата 20.05.20г

А.Г.Грабарь

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 6

«20»мая 2020 г, протокол № 11

/Заведующий кафедрой № 6

Проф., д.э.н., академик РАН

должность, уч. степень, звание



подпись, дата 20.05.20г

В.В. Окрепилов

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 27.03.01(01)

Доцент, к.т.н.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата

К.В.Епифанцев

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № ФПТИ по методической работе

Доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание



подпись, дата 20.05.20г

В.А. Голубков

инициалы, фамилия

## Аннотация

Дисциплина «Теоретические основы нанодиагностики» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки студентов по направлению/специальности «27.03.01 «Стандартизация и метрология» направленность «Метрология, стандартизация, сертификация». Дисциплина реализуется кафедрой №6.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

профессиональных компетенций:

ПК-4 «способность определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров продукции и технологических процессов, устанавливать оптимальные нормы точности измерений и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля; разрабатывать локальные поверочные схемы и проводить поверку, калибровку, юстировку и ремонт средств измерений».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с организацией метрологического сопровождения технологических процессов производства, а также в умении обоснованно выбирать современные средства измерений и осуществлять контроль характеристик выпускаемой и эксплуатируемой нанопродукции.

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 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, умений и навыков в области метрологии нанотехнологий, средств измерений, применяемых в нанодиагностике, предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в освоении методов и процессов выполнения измерений с использованием приборов электронной микроскопии, анализа и обработки результатов измерений в области нанотехнологий.

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

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

ПК-4 «способность определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров продукции и технологических процессов, устанавливать оптимальные нормы точности измерений и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля; разрабатывать локальные поверочные схемы и проводить поверку, калибровку, юстировку и ремонт средств измерений»:

знать – основные направления нанотехнологий, принципы работы основных средств измерения, применяемых в нанодиагностике, основы безопасности в сфере нанотехнологий;

уметь – проводить классификацию наноматериалов, выбирать тип СИ исходя из поставленных измерительных задач;

владеть навыками – применения простейших средств измерения, применяемых в нанодиагностике;

иметь опыт деятельности – применения критериев отнесения продукции к сфере nanoиндустрии.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- Физика,
- Физические основы измерений и эталоны,
- Метрология.

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

- Взаимозаменяемость и нормирование точности
- Методы и средства измерений
- Метрологическое обеспечение жизненного цикла продукции

## 3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№6
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	4/ 144	4/ 144

<b>Аудиторные занятия</b> , всего час., <b>В том числе</b>	51	51
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	34
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)	57	57
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, экзамен, дифференцированный зачет ( <b>Зачет. Экз. Дифф. зач</b> )	Экз.	Экз.

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. ТОНД, основные понятия и определения	2				5
Раздел 2. Наноструктурные материалы.	1				5
Раздел 3. Консолидированные наноматериалы.	2	3			7
Раздел 4. Молекулярные нанотехнологии.	1				5
Раздел 5. Нанофотоника	1				5
Раздел 6. Электронная микроскопия.	2				5
Раздел 7. Сканирующая зондовая микроскопия.	2	31			10
Раздел 8. Разновидности способов исследования свойств материалов	2				5
Раздел 9. Методы измерений свойств наночастиц и наноматериалов.	2				5
Раздел 10. Особенности стандартизации в развитии нанотехнологий.	2				5
Итого в семестре:	17	34			57
Итого:	17	34	0	0	57

### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1 –	<p><b>ТОНД, основные понятия и определения</b></p> <p>Тема 1 – Краткий обзор содержания курса. Основные этапы развития нанотехнологий в нашей стране и за рубежом.</p> <p>Тема 2 – Введение в терминологию нанодиагностики. Основы поведения объектов наномира. Подходы «сверху - вниз» и «снизу – вверх» к получению наноматериалов. Природные наноразмерные эффекты и структуры.</p> <p>Тема 3 – Физические и химические особенности наномира. Примеры наноматериалов и наноустройств. Примеры нанотехнологических процессов. Обзор отечественной и учебной и научной литературы в области нанотехнологий.</p>
Раздел 2	<p><b>Наноструктурные материалы.</b></p> <p>Тема 1 – Открытие фуллерена. Аллотропные формы углерода – графит, алмаз, карбин, графен, аморфный углерод, фуллерены, нанотрубки. Основные физико-химические свойства фуллеренов, соединения на их основе.</p> <p>Тема 2 – Основные нанобъекты. Нанотрубки. Структура одностенных и многостенных нанотрубок. Нанотрубок. Методы получения нанотрубок. Применение нанотрубок.</p>
Раздел 3	<p><b>Консолидированные наноматериалы.</b></p> <p>Тема 1 – Нанокристаллические материалы. Классификация, методы получения нанокристаллических материалов. Основные физические свойства нанокристаллических материалов и их применение</p> <p>Тема 2 – Нанокompозиты и нанопористые материалы. Основные применения нанокompозитов. Субнанопористые и нанопористые материалы на основе цеолитов.</p> <p>Тема 3 - Магнитные наноматериалы. Магнитные наночастицы, суперпарамагнетизм, магнитные жидкости. Нанокompозиты с гигантским магнитосопротивлением.</p>
Раздел 4	<p><b>Молекулярные нанотехнологии.</b></p> <p>Тема 1 – Функции молекулярных нанотехнологий. Понятие механосинтеза, авто- и самосборки. Принципы работы молекулярных ассемблеров на примере биологических систем.</p> <p>Тема 2 – Простейшие молекулярные машины на примере супрамолекулярных систем. Способы управления молекулярными машинами.</p>
Раздел 5	<p><b>Нанопотоника</b></p> <p>Тема 1 – Признаки нанопотоники. Локализация света в пространстве. Классификация типов локализации света в нанометровом масштабе. Поверхностный плазмонный резонанс. Сканирующий оптический микроскоп.</p> <p>Тема 2 – Классификация оптических наноматериалов. Квантовая локализация электронов. Оптические свойства нанометровых квантовых структур. Плазмоника.</p>

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 6	<p><b>Электронная микроскопия.</b>  Тема 1 – Введение в электронную микроскопию. Принцип действия и структурная схема электронного микроскопа. Методы получения изображения. Элементы электронного микроскопа и основные параметры. Классификация электронных микроскопов.  Тема 2 – Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Способы получения пучка электронов. Основные режимы работы ПЭМ.  Тема 3 – Сканирующий (растровый) электронный микроскоп (РЭМ). Схема сигналов в РЭМ. Проведение химического и структурного анализа с помощью РЭМ. Метод фокусировки электронного потока.</p>
Раздел 7	<p><b>Сканирующая зондовая микроскопия.</b>  Тема 1 - Устройство и принцип действия сканирующего туннельного микроскопа. Основные режимы работы. Возможности и ограничения сканирующей туннельной микроскопии.  Тема 2 - Устройство и принцип действия сканирующего атомно-силового микроскопа. Оптический силовой сенсор. Силы межатомного взаимодействия. Назначение и принципы действия обратной связи.  Тема 3 – Основные типы сканеров. Свойства применяемых пьезокерамических материалов. Основные типы кантилеверов, используемых в атомно-силовой микроскопии, их параметры.</p>
Раздел 8	<p><b>Разновидности способов исследования свойств материалов</b>  Тема 1 – Основы исследования механических свойств материалов. Исследование магнитных свойств материалов.  Тема 2 – Исследование электрических свойств материалов. Микроскопия электростатических сил. Микроскопия поверхностного потенциала.  Тема 3 - Исследование оптических свойств материалов. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. Основные режимы работы сканирующего микроскопа.</p>
Раздел 9	<p><b>Методы измерений свойств наночастиц и наноматериалов.</b>  Тема 1 – Косвенные методы измерений, Спектроскопические методы исследования характеристик наноматериалов. Методы определения геометрических размеров наночастиц.  Тема 2 – Основные технологические процессы. Принципы и методы микролитографии и нанолитографии. Электронная литография.  Тема 3 – Чистые помещения. Введение в технологию чистоты. Принципы построения и конструктивные особенности чистых помещений. Классификация чистых помещений. Определение концентрации содержания частиц.</p>
Раздел 10	<p><b>Особенности стандартизации в развитии нанотехнологий.</b>  Тема 1 - Проблемы экологии, потенциальные риски, связанные с развитием нанотехнологий. Отрасли и сферы применения нанотехнологий. Основы применения нанотехники.  Тема 2 – Техническое регулирование в области нанотехнологий. Направления деятельности по стандартизации в области нанотехнологий. Обеспечение единства измерений. Развитие законодательной метрологии в сфере нанотехнологий.  Тема 3 – Сертификация и оценка соответствия продукции nanoиндустрии. Потребности в аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий. Обзор отечественного и зарубежного опыта.</p>

### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6				
1	Структура материалов: - монокристаллические, поликристаллические, аморфные, магнитные наноматериалы	Групповая дискуссия	3	3
2	Измерение пространственного распределения магнитных сил по поверхности образца методом МСМ	Групповая дискуссия	2	7
3	Принцип построения сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) Отработка основных операций, выполняемых при подготовке прибора к работе	Групповая дискуссия	4	7
4	Пробоподготовка для СЗМ	Групповая дискуссия	4	7
5	Отработка навыка настройки лазерной системы регистрации изгибов кантилевера	Групповая дискуссия	5	7
6	Подготовка атомно-силового микроскопа (АСМ) к выполнению измерений в полуконтактном режиме	Групповая дискуссия	4	7
7	Подготовка атомно-силового микроскопа к выполнению измерений в контактном режиме	Групповая дискуссия	4	7
8	Измерение топологии поверхности твердого тела методом полуконтактной АСМ на примере тестового образца TGZ2	Групповая дискуссия	4	7
9	Измерение топологии поверхности твердого тела методом контактной АСМ на примере тестового образца TGQ1	Групповая дискуссия	4	7
Всего:			34	

### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			

### 4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

### 4.6. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 6, час
1	2	3



<b>Самостоятельная работа, всего</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	17	17
Подготовка к текущему контролю (ТК)	17	17
домашнее задание (ДЗ)	23	23

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в п.п. 8-10.

## 6. Перечень основной и дополнительной литературы

### 6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<b>620 Г 75</b>	<b>Грабарь, Анатолий Григорьевич.</b> Наноматериалы. Молекулярные технологии [Текст] : учебное пособие / А. Г. Грабарь, Т. П. Мишура ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 117 с. : рис. - Библиогр.: с. 112 - 115 (43 назв.). - ISBN 978-5-8088-0987-1 : Б. ц.	57

### 6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<b>005.6 О-51</b>	Словарь терминов и определений в области экономики качества [Текст] / В. В. Окрепилов. - СПб. : Наука, 2011. - 230 с. - Алф. указ.: с. 190 - 221. - Библиогр.: с. 222 - 230 (150 назв.). - ISBN 978-5-02-038172-8 : б/ц	2
<b>006 О-51</b>	<b>Окрепилов, Владимир Валентинович.</b> Стандартизация и метрология в нанотехнологиях [Текст] / В. В. Окрепилов. - СПб. : Наука, 2008. - 260 с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 198 - 207 (166 назв.). - ISBN 978-5-02-025339-1 : 479.00 р	2
Фонд лаборатории ТЕСТ-СПб	В.В. Окрепилов Стандартизация и метрология в нанотехнологиях, СПб, Наука, 2008, -259 с.	30
Фонд лаборатории ТЕСТ-СПб	В.В. Окрепилов Современные проблемы стандартизации и метрологии в нанотехнологиях, СПб, изд. Политехнического университета, 2013, -401 с.	25

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
<a href="http://www.internet-law.ru">http://www.internet-law.ru</a>	Интернет база НД
<a href="http://lib.aanet.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&amp;view=irbis&amp;Itemid=108">http://lib.aanet.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&amp;view=irbis&amp;Itemid=108</a>	<b>Грабарь, Анатолий Григорьевич.</b> Наноматериалы. Молекулярные технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Г. Грабарь, Т. П. Мишура ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 117 с. - <b>Систем. требования:</b> ACROBAT READER 5.X. - Загл. с титул. экрана. - ISBN 978-5-8088-0987-1 : Б. ц.
<a href="http://www.nanoindustry.su/">http://www.nanoindustry.su/</a>	журнал «Наноиндустрия»
<a href="http://www.nanorf.ru/">http://www.nanorf.ru/</a>	журнал «Российские нанотехнологии»
<a href="http://www.portalnano.ru/">http://www.portalnano.ru/</a>	Федеральный интернет-портал Нанотехнологии и наноматериалы

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

### 8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

### 8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	ТЕСТ-СП6

## 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

11. Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ПК-4 «способность определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров продукции и технологических процессов, устанавливать оптимальные нормы точности измерений и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля; разрабатывать локальные поверочные схемы и проводить поверку, калибровку, юстировку и ремонт средств измерений»	
3	Прикладная механика
4	Метрология
4	Прикладная механика
4	Производственная (технологическая) практика
5	Метрология
5	Взаимозаменяемость и нормирование точности
6	Теоретические основы нанодиагностики
6	Методы и средства измерений
7	Методы и средства измерений
8	Метрологическое обеспечение жизненного цикла продукции

11.1. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>- не допускает существенных неточностей;</li> <li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>- аргументирует научные положения;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$55 \leq K \leq 69$	«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>

K ≤ 54	«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>
--------	---------------------------------------	---

## 11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы:

### 1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1	Место наномира по шкале размеров
2	Основные виды наноструктурированных материалов в nanoиндустрии
3	Основные направления развития нанотехнологий в России и за рубежом
4	Основные головные организации национальной наносети
5	Элементы метрологического обеспечения нанотехнологий
6	Наименование международного и национального Технических комитетов по стандартизации в области нанотехнологий
7	Сущность терминов «сверху – вниз» и «снизу – вверх»
8	Примеры природных наноразмерных структур
9	Примеры и особенности наноматериалов и наноустройств
10	Особенности и физико-химические свойства фуллерена
11	Название аллотропных форм углерода
12	Основные особенности нанообъектов: нанотрубки
13	Основные физические свойства нанокристаллических материалов
14	Примеры применения нанокомпозитов и нанопористых материалов
15	Особенности применения магнитных наноматериалов
16	Основные понятия о молекулярных нанотехнологиях
17	Признаки нанофотоники, локализация света в пространстве
18	Основные элементы сканирующего оптического микроскопа, принцип работы
19	Классификация и основные свойства оптических наноматериалов
20	Принцип действия и структурная схема электронного микроскопа
21	Принцип действия и структурная схема просвечивающего электронного микроскопа
22	Принцип действия и структурная схема сканирующего (растрового) электронного микроскопа
23	Принцип действия и структурная схема сканирующего туннельного микроскопа
24	Принцип действия и структурная схема сканирующего атомно-силового микроскопа
25	Основные типы сканеров, используемых в атомно-силовой микроскопии
26	Назначение кантилеверов, их основные типы
27	Основные свойства магнитных материалов, используемых в нанотехнологиях
28	Особенности исследования основных электрических свойств материалов
29	Особенности исследования основных электрических свойств материалов
30	Особенности исследования основных оптических свойств материалов, принцип работы сканирующего микроскопа
31	Особенности спектроскопических методов исследования характеристик наноматериалов
32	Косвенные методы измерений
33	Принципы и методы микролитографии и нанолитографии
34	Основные понятия термина «чистые помещения», принципы построения чистых помещений
35	Особенности и принципы стандартизация в области нанотехнологий
36	Основные документы в области стандартизации
37	Основные цели и формы подтверждения соответствия
38	Основные требования технических регламентов с учетом степени риска

39	Отрасли и сферы применения нанотехнологий
37	Проблемы экологии и потенциальных рисков в нанотехнологиях
38	Особенности технического регулирования в области нанотехнологий
39	Обеспечение единства измерений, особенности метрологического обеспечения нанотехнологий
40	Особенности аккредитации измерительных и испытательных лабораторий
41	Особенности оценки соответствия продукции nanoиндустрии, понятие о системе сертификации «Наносертифика»

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. Зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

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

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1	Что определяет электрические характеристики нанотрубки? а..... хиральность. б..... автоморфизм. в..... сингония. г..... разориентация.
2	Внедрение в поверхность многослойных нанотрубок, состоящих преимущественно из правильных шестиугольников, некоторого количества пятиугольников или семиугольников приводит к ... а..... появлению спиралевидных трубок. б..... появлению однослойных нанотрубок. в..... появлению сверхпроводящего состояния. г..... появлению большой отрицательной магнитной восприимчивости.
3	Капсулированные нанокристаллы переходят в сверхпроводящее состояние при $T = \dots$ а..... 1 К. б..... 3 К. в..... 5 К. г..... 10 К.
4	Двумерный кристалл, состоящий из одиночного слоя атомов углерода, собранных в гексогональную решетку – это а..... графен. б..... фуллерен. в..... алмаз. г..... аморфный углерод.
5	Наличие пятиугольных ячеек у идеального графена приводит к сворачиванию атомной плоскости в конус. Структура с 12 такими дефектами одновременно известна под названием ... а..... алмаз.

	б..... графит. в..... лонсдейлит. г..... фуллерен.
6	Исследователи полагают, что в скором времени появится новый класс графеновой наноэлектроники с базовой толщиной транзисторов до ... а..... 10 нм. б..... 50 нм. в..... 100 нм. г..... 200 нм.
7	К наноматериалам относят объекты, один из характерных размеров которых лежит в интервале ... а..... от 1 до 100 нм б..... от 100 до 1000 нм в..... от 0.1 до 1 нм г..... от 0.01 до 0.1 нм
8	К какой категории наноматериалов относятся нанотрубки? а..... наноизделия б..... микроизделия в..... массивные наноматериалы г..... композиты с компонентами из наноматериалов
9	К какой категории наноматериалов относят многофазные материалы на основе сложных металлических сплавов? а..... наноизделия б..... микроизделия в..... массивные наноматериалы г..... композиты с компонентами из наноматериалов
10	Что используются в составе ряда радиопоглощающих покрытий самолетов, созданных с применением технологии «Стелс», а также в перспективных видах взрывчатых веществ и зажигательных смесей? а..... композиционные нанопленки б..... наноструктурные пленки углерода в..... ультрадисперсные порошки г..... углеродные нановолокна
11	Какие наноматериалы используются в специальных боеприпасах, предназначенных для вывода из строя энергосистем и электроники противника (т.н. «графитовая бомба»)? а..... композиционные нанопленки б..... наноструктурные пленки углерода в..... ультрадисперсные порошки г..... углеродные нановолокна
12	Какие наноматериалы обладают хорошей биосовместимостью, химической, термической и механической стойкостью? а..... композиционные нанопленки б..... наноструктурные пленки углерода в..... ультрадисперсные порошки г..... углеродные нановолокна
13	Какие ферменты преобразуют разность концентраций протонов по разные стороны мембраны в энергию, запасённую в молекулах аденозинтрифосфата? а..... пероксидазы б..... амидазы в..... АТФ-синтаза г..... оксидазы
14	Какие материалы Дрекслер рассматривает в качестве кандидатов для изготовления конструкций наномеханизмов? а..... углерод б..... водород в..... азот г..... все вышеперечисленные
15	Кто ввел понятие самоорганизации?

	а.... Ричард Фейман б.... Норио Танигути в.... Эрик Дрекслер г.... Герман Хакен
16	Как называют науку о самоорганизующихся системах? а.... когнитивистика б.... акмеология в.... спланхнология г.... синергетика
17	Назовите особое динамическое состояние системы, которое можно определить как качественно своеобразное макроскопическое проявление процессов, протекающих на микроуровне? а.... диссипативность б.... коэрцитивность в.... селективность г.... транзитивность
18	Энергия, необходимая для функционирования молекулярного прибора или машины, может поставляться в виде: а. ....химического реактива б.... поглощенного фотона в.... добавления или удаления электрона г.... все вышеперечисленное
19	Назовите молекулярные соединения, которые состоят из гантелеобразной молекулы, с большими группами на концах, предотвращающие соскальзывание макроциклического соединения? а.... ротаксаны б.... катенаны в.... балата г.... микалекс
20	Классическим примером возникновения пространственной упорядоченной структуры является возникновение ... а.... ячейки Бенара б.... ячейки Вигнера-Зейца в.... ячейка Хулла г.... ячейка Майера

### 5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1	Виды классификации наноматериалов
2	Критерии отнесения продукции к сфере nanoиндустрии
3	Деятельность Нанотехнологического общества России по развитию отечественных нанотехнологий
4	Деятельность ОАО «Роснано» развёртыванию российской nanoиндустрии
5	Концепция выявления опасности, анализа и уменьшения риска в сфере нанотехнологий
6	Методы определения уровня потенциальной опасности наноматериалов на здоровье человека
7	Международные организации в сфере обеспечения безопасности наноматериалов
8	Сопоставительный анализ средств измерения нанодиагностики
9	Прикладные аспекты углеродных нанотехнологий
10	Применение нанотехнологий в строительной отрасли

11.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации

студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## 12. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью преподавания дисциплины является получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области метрологии нанотехнологий, средств измерений, применяемых в нанодиагностике, предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в освоении методов и процессов выполнения измерений с использованием приборов электронной микроскопии, анализа и обработки результатов измерений в области нанотехнологий.

### 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 обучающимся 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.2) и темам (табл.3);
- презентации;
- демонстрация фильмов.

Методическое пособие по освоению лекционного материала:

Грабарь, Анатолий Григорьевич.

Наноматериалы. Молекулярные технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Г. Грабарь, Т. П. Мишура ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 117 с. -**Систем. требования:** ACROBAT READER 5.X. - Загл. с титул. экрана. - ISBN 978-5-8088-0987-1 : Б. ц.

### Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Семинар – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. В условиях высшей школы семинар – один из видов



практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике семинара и являющегося знатоком данной проблемы или отрасли научного знания. Семинар предназначается для углубленного изучения дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. При изучении дисциплины семинар является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса.

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 необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

Для прохождения курса семинаров студент должен:

- заранее подготовиться к занятию по плану проведения семинаров (табл.4), приготовить все необходимые материалы (если это требуется), изучить исходные теоретические материалы к занятию, сформулировать план выполнения работ и ответов на вопросы;
- владеть пройденным по разделу теоретическим материалом;
- в случае если занятие подразумевает доклад студента, необходимо подготовиться к докладу в соответствии с заданием и требованиями преподавателя;
- иметь при себе конспект лекционных занятий, который можно будет дополнить информацией, полученной на занятии;
- иметь при себе всю необходимую для занятия учебную и учебно-методическую литературу;
- следовать указаниям преподавателя;
- участвовать в диалоге с преподавателем;
- работать с компьютером (если это требуется темой занятия);
- при необходимости пользоваться справочной литературой и ресурсами Интернет;
- принимать участие в групповой дискуссии.

Темы для подготовки к семинарам представлены в табл. 20

### **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;
- конспект лекций.

В учебно-методическом пособии Грабарь, Анатолий Григорьевич. Наноматериалы. Молекулярные технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Г. Грабарь, Т. П.

Мишура ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. - 117 с. -**Систем. требования:** ACROBAT READER 5.X. - Загл. с титул. экрана. - ISBN 978-5-8088-0987-1 : Б. ц.

Теоретический материал охватывает все основные разделы в объеме, необходимом для понимания. Методические указания ориентируют студентов на главные аспекты каждого раздела и позволяют, воспользовавшись приведенной литературой, самостоятельно их изучить. Даны вопросы для самопроверки и контрольные задания, которые дополняют теоретический материал, закрепляют приобретенные знания.

### **Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине «Основы системного подхода» в форме экзамена.

Подготовка студентов к экзамену включает:

- самостоятельную работу в течение семестра.
- непосредственную подготовку в дни, предшествующие экзамену.
- подготовку к ответу на вопросы к экзамену и тестовые вопросы.

Подготовку к экзамену целесообразно начинать с планирования и подбора литературы. Прежде всего следует внимательно перечитать учебную программу и программные вопросы для подготовки к экзамену, чтобы выделить из них наименее знакомые. Далее должен следовать этап повторения всего программного материала. На эту работу целесообразно отвести большую часть времени. Следующим этапом является самоконтроль знания изученного материала, который заключается в устных ответах на программные вопросы, выносимые на экзамен. Тезисы ответов на наиболее сложные вопросы желательно записать.

Литература для подготовки к экзамену обычно рекомендуется преподавателем. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух учебников (учебных пособий).

Основным источником подготовки к экзамену является конспект лекций. Учебный материал в лекции дается в систематизированном виде, основные его положения детализируются, подкрепляются современными фактами и нормативной информацией, которые в силу новизны, возможно, еще не вошли в опубликованные печатные источники. Правильно составленный конспект лекций содержит тот оптимальный объем информации, на основе которого студент сможет представить себе весь учебный материал.



Следует точно запоминать термины и категории, поскольку в их определениях содержатся признаки, позволяющие уяснить их сущность и отличить эти понятия от других. Для более эффективного понимания программного материала полезно общаться с преподавателем на групповых и индивидуальных консультациях.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу  
дисциплины

Теоретические основы нанодиагностики

27.03.01(01)\_О\_ 2020

Дата внесения изменений и дополнений.  Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зам.зав. кафедрой
23.06.2021г  Доцент, к.т.н. Грабарь А.Г.  	1) Таблица 1 заменена в соответствии с Приложением 1  2) Таблица 4 заменена в соответствии с Приложением 2  3) Таблица 5 заменена в соответствии с Приложением 3	23.06. 2021г №17	

## Приложение 1.

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№б
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	4/ 144	4/ 144
<i>Из них часов практической подготовки</i>	34	34
<i>Аудиторные занятия, всего час., В том числе</i>	51	51
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	34	34
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	36	36
<i>Самостоятельная работа, всего</i>	57	57
<b>Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)</b>	Экз.	Экз.

## Приложение 2.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
<b>Семестр 6</b>					
1	Структура материалов: - монокристаллические, поликристаллические, аморфные, магнитные наноматериалы	Групповая дискуссия	3		3
2	Измерение пространственного распределения магнитных сил по поверхности образца методом МСМ	Групповая дискуссия	2	2	7
3	Принцип построения сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) Отработка основных операций, выполняемых при подготовке прибора к работе	Групповая дискуссия	4	2	7
4	Пробоподготовка для СЗМ	Групповая дискуссия	4		7
5	Отработка навыка настройки лазерной системы регистрации изгибов кантилевера	Групповая дискуссия	5	2	7
6	Подготовка атомно-силового микроскопа (АСМ) к выполнению измерений в полуконтактном режиме	Групповая дискуссия	4	1	7
7	Подготовка атомно-силового микроскопа к выполнению измерений в контактном режиме	Групповая дискуссия	4	1	7
8	Измерение топологии поверхности твердого тела методом полуконтактной АСМ на примере тестового образца TGZ2	Групповая дискуссия	4	2	7
9	Измерение топологии поверхности твердого тела методом контактной АСМ на примере тестового образца TGQ1	Групповая дискуссия	4	2	7
<b>Всего:</b>			<b>34</b>	<b>12</b>	

## Приложение 3.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

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