

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

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

проф., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

(должность, уч. степень, звание)

А.В. Копыльцов \_\_\_\_\_

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«24» июня 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические основы нанотехнологий»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности	Прикладная физика опто- и нанотехнологий
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

К.Ф.-М.Н.

19.05.2021

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Г.В. Терещенко

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3

«26» мая 2021 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 3

Д.Т.Н., проф.

31.05.2021

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 03.03.01(01)

доц., к.ф.-м.н.

31.05.2021

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Ю.А. Новикова

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.Т.Н., доц.

31.05.2021

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

М.С. Смирнова

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Физические основы нанотехнологий» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 03.03.01 «Прикладные математика и физика» направленности «Прикладная физика опто- и нанотехнологий». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности»

ОПК-3. Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)

ОПК-5 «Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре»

ОПК-6 «Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с особенностями физики наноструктур, с выявлением общих закономерностей, лежащие в основе процессов, протекающих в системах с пониженной размерностью. Рассматриваются различные подходы к физической классификации наноструктур, проблемы и задачи физики атомных и электронных процессов в системах со структурированием в диапазоне от  $10^{-6}$  до  $10^{-9}$  м. Изучаются процессы переноса носителей заряда в сильно неоднородных гетерогенных системах. Представлены основные положения и понятия теории протекания. Анализируются электрофизические свойства наноструктур, классические и квантовые размерные эффекты.

Для формирования целостной картины развития нанотехнологий и установления устойчивых связей между фундаментальными теоретическими положениями и практикой рассматриваются некоторые методики получения наноструктур (в том числе на основе методов нанотехнологии), анализируются особенности применения низкоразмерных систем и наноматериалов в электронике и других областях техники. Рассматриваются основные методы получения наноструктур, которые возможно условно разделить на два больших класса – физические и химические методы, кроме того можно выделить подходы «снизу-вверх» и «сверху-вниз» получения наноматериалов.

Представлен анализ различных нанотехнологических процессов, в основе которых лежит реализация локальных атомно-молекулярных взаимодействий, которые формируют наноразмерные системы путем самосборок или путем самоорганизации сложных структур. Изделия создаются на основе оптимальной сборки атомов и молекул или их групп, поэтому позволяют реализовывать предельно возможные характеристики, по сравнению с которыми выпускаемые в настоящее время изделия будут в будущем неконкурентоспособны.

Рассмотрены возможные области применения структур, созданных на основе нанотехнологии, позволяющие реализовать многократное увеличение быстродействия, уровня интеграции и расширение функциональных возможностей в электронике, оптике,

робототехнике, материаловедении, биологии, информатике и других областях науки и техники.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося, консультации.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Ознакомление студентов с основами физики наноструктур и современным состоянием физики и технологии наноматериалов. Формирование у студентов знаний о физике современных методов создания наноструктурированных материалов и приборных структур на их основе.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части 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
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1.3.1 знать фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы  ОПК-1.В.1 владеть навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности
Общепрофессиональные компетенции	ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3.1 знать особенности составления и оформления научных и (или) технических (технологических, инновационных) отчетов (публикаций, проектов) ОПК-3.У.1 уметь составлять и оформлять научные, технические, технологические и инновационные отчеты и публикации. ОПК-3.В.1 владеть навыками работы по составлению и оформлению научных публикаций и проектов.

Общепрофессиональные компетенции	<p>ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре</p>	<p>ОПК-5.3.1 знать основные направления проведения фундаментальных и прикладных исследований и разработок</p> <p>ОПК-5.У.1 уметь осваивать новые теоретические, в том числе математические, методы исследований</p> <p>ОПК-5.В.1 владеть навыками работы на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре</p>
Общепрофессиональные компетенции	<p>ОПК-6 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p>	<p>ОПК-6.3.1 знать основные алгоритмы компьютерные программы, пригодные для практического применения при решения практических задач цифровизации в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-6.У.1 уметь разрабатывать и применять алгоритмы компьютерные программы, пригодные для практического применения при решении практических задач цифровизации в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-6.В.1 владеть практическими навыками разработки и применения алгоритмов и компьютерные программы, пригодные для практического применения при решении практических задач цифровизации в области профессиональной деятельности</p>

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Физика»;
- «Химия»;
- «Математический анализ»;
- «Дифференциальные уравнения».

### 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	№5
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	7/ 252	4/ 144	3/ 108
<b>Из них часов практической подготовки</b>			
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	102	51	51
<b>в том числе:</b>			
лекции (Л), (час)	34	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)			
лабораторные работы (ЛР), (час)	68	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)			
экзамен, (час)	36		36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	114	93	21
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Дифф. Зач., Экз.	Дифф. Зач.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий. Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 4 (час)					
Раздел 1. Наноструктуры. Основные термины и определения.	2		2		5
Раздел 2. Особенности термодинамики Наноструктур	7		10		30
Раздел 3. Электрофизические и оптические свойства наноструктур	5		12		20

Раздел 4. Применение низкоразмерных систем в электронике	3		10		15
Дифференцированный зачет					23
Итого в семестре:	<b>17</b>		<b>34</b>		<b>93</b>
Семестр 5					
Раздел 5. Методы синтеза наночастиц и компактирования наноматериалов	2		4		1
Раздел 6. Методы получения углеродных наноматериалов.	2		6		1
Раздел 7. Электрохимические методы синтеза наноматериалов. Методы эпитаксиального роста наноструктур.	4		6		1
Раздел 9. Самоорганизация и самосборка наноструктур.	3		6		1
Раздел 10. Литографические методы формирования наноструктур.	2		6		1
Раздел 11. Формирование наноструктур зондовыми методами.	2		6		1
Раздел 12. Перспективы развития нанотехнологий.	2				1
Экзамен					14
Итого в семестре:	17		34		21
Итого:	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>114</b>

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. Наноструктуры. Основные термины и определения.	Нанотехнологии в науке и технике. История развития, основные этапы и достижения. Понятие о мезоскопической физике. Проблема управления свойствами материалов: композиты, нанокompозиты, наноматериалы.
Раздел 2. Особенности термодинамики наноструктур	Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы. Фазовые диаграммы. Растворы, твердые растворы и сплавы. Диаграммы плавкости, кипения. Эвтектика. Образование и рост зародышей новой фазы. Критический размер зародыша. Дисперсные системы. Размерные эффекты в химии. Наноструктуры и коллоидная химия. Основные подходы к классификации дисперсных систем. Золи, гели, ксерогели, цеолиты. Строение мицеллы неорганических веществ.



	<p>Двойной электрический слой. Электрокинетические эффекты.</p> <p>Поверхность и ее роль в физике дисперсных систем. Атомно-молекулярное взаимодействие на границах раздела фаз. Понятие об устойчивости дисперсных систем. Агрегация. Седиментация.</p> <p>Поверхностная энергия. Когезия и адгезия. Давление Лапласа, капиллярные эффекты. Уравнение Кельвина (Томсона). Рост эпитаксиальных пленок. Механизмы: Франка - ван дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского-Крастанова.</p> <p>Адсорбция. Модели Ленгмюра, Брунауэра, Эммета, Теллера; капиллярная конденсация. Кинетика адсорбции и десорбции. Двумерная конденсация. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Пленки Ленгмюра-Блуджетт.</p> <p>Элементы кристаллографии. Точечные, линейные и плоскостные дефекты кристаллической решетки. Механические свойства моно- и нанокристаллических материалов; металокомпозиты и композитные стали. Мартенситные переходы, эффект памяти формы.</p>
<p>Раздел 3. Электрофизические и оптические свойства наноструктур</p>	<p>Элементы зонной теории полупроводников. Валентная и зона проводимости. Распределение носителей заряда по энергиям, функция плотности состояний, уровень Ферми. Концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике, легирование полупроводников. МДП-р-п- и гетероструктуры. Перенос заряда в полупроводниках и барьерных полупроводниковых структурах. Диффузионный и дрейфовый ток.</p> <p>Классические и квантовые размерные эффекты. Проявление размерных эффектов в физических свойствах материалов. Характеристические длины. Длина волны де Бройля. Средний свободный пробег электрона. Диффузионная длина. Длина экранирования. Длина локализации. Квантовые точки, нити, слои. Плотность электронных состояний и размерность системы. Электронный газ в 3D, 2D, 1D, 0D- структурах. Особенности магнитных свойств наноструктур. Суперпарамагнетизм.</p> <p>Перенос заряда в низкоразмерных системах. Формула Ландауэра. Баллистический транспорт. Резонансное туннелирование. Кулоновская блокада туннелирования. Электронный газ в магнитном поле, квантовый эффект Холла.</p> <p>Рассеяние света дисперсными системами. Оптические свойства металлических кластеров, плазменный резонанс. Оптические свойства квантовых ям и точек. Экситоны в низкоразмерных системах. Фотонные кристаллы. Электрооптические эффекты, лестница Штарка. Метаматериалы.</p>
<p>Раздел 4. Применение низкоразмерных систем в электронике</p>	<p>Одноэлектронные устройства. Резонансно-туннельный диод. Одноэлектронный транзистор. Приемники излучения на основе наноструктур. Приборные структуры</p>

	<p>спинтронике. Элементы молекулярной электроники. Аллотропные формы углерода. Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Нанотрубки. Графен.</p> <p>Нанокompозиты в электронике и электротехнике. Электропроводность неупорядоченных систем. Элементы теории протекания. Представительный объем. Локальная и эффективная электропроводность. Эффективные значения кинетических коэффициентов. Перколяционный переход, изолятор - проводник электрического тока.</p> <p>Основные наполнители для композитов и технологии получения традиционных композитов. Керамика. Керамические изделия в электронике. Полимерные композиционные материалы.</p>
<p>Раздел 5. Методы синтеза наночастиц и компактирования наноматериалов</p>	<p>Общие сведения о наноструктурированных материалах и наноразмерных объектах. Физико-химические особенности наноструктурированных материалов. Изменение свойств материалов при переходе к нанометровым размерам. Классификация методов создания наносистем и наноматериалов.</p> <p>Методы синтеза наночастиц и компактирования наноматериалов. Физическое диспергирование. Конденсация из жидкой и газовой фаз. Технологические процессы получения нанодисперсных систем оксидов и гидроксидов различных металлов. Формирование структур на основе коллоидных растворов. Золь-гель технология. Консолидированные наноструктурные материалы. Особенности объемных наноструктурных материалов, роль границ зерен. Порошковые технологии компактирования материалов. Ультразвуковое компактирование. Керамика. Ситаллы. Методы получения углеродных наноматериалов.</p>
<p>Раздел 6. Методы получения углеродных наноматериалов.</p>	<p>Синтез углеродных нанотрубок. Синтез углеродных нанотрубок методом электродугового распыления графита. Лазерная абляция графита. Химическое осаждение из газовой фазы. Формирование ориентированных массивов углеродных нанотрубок.</p> <p>Методы получения графена. Формирование нанокompозитов с углеродными нанотрубками в качестве наполнителя.</p>
<p>Раздел 7. Электрохимические методы синтеза наноматериалов. Методы эпитаксиального роста наноструктур.</p>	<p>Создание диэлектрических матриц с упорядоченной структурой. Процессы создания диэлектрических матриц с упорядоченной структурой на основе оксида алюминия и оксида кремния с помощью анодирования. Получение упорядоченных массивов нанопроволок посредством заполнения пористых диэлектрических матриц различными металлами.</p> <p>Общие сведения об эпитаксии. Термодинамика поверхности, процессы на поверхности и в приповерхностных слоях. Модели эпитаксиального роста пленок Фольмера-Вебера, Франка-ван дер Мерве и Странски-Крастанова. Основные методы эпитаксиального наращивания. Газофазная эпитаксия, жидкофазная</p>

	<p>эпитаксия. Влияние параметров процесса эпитаксии на скорость роста пленок. Использование эпитаксии при изготовлении приборных структур, структуры активных приборов. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Особенности молекулярно-лучевой эпитаксии. Приборы и техника молекулярно-лучевой эпитаксии. Газофазная эпитаксия из металлорганических соединений.</p> <p>Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков. Гетероэпитаксия. Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт.</p>
<p>Раздел 9. Самоорганизация и самосборка наноструктур.</p>	<p>Процессы самоорганизации и самосборки в нанотехнологиях. Самоорганизация при эпитаксиальном росте. Гетероструктуры как основа наноструктур. Синтез квантовых точек и квантовых проволок. Формирование полупроводниковых гетеротрубок. Полупроводниковые нанопленки и нанопроволоки, металлические нанопленки и нанопроволоки. Механизм синтеза нанопроволок и нановискеров. Формирование нановолокон и наноспиралей. Наногофрированные структуры. Самоорганизация гетероэпитаксиальных структур. Ионный синтез квантовых наноструктур.</p> <p>Синтез двухмерных и трехмерных упорядоченных массивов нанокристаллов металлов, сплавов металлов, полупроводников. Формирование наноструктур на основе опаловых матриц. Формирование упорядоченных полимерных структур на основе явления самосборки и их использование в качестве масок и шаблонов для формирования углеродных и полупроводниковых наноразмерных структур.</p>
<p>Раздел 10. Литографические методы формирования наноструктур.</p>	<p>Сущность процессов литографии. Фотолитография. Фоторезисты и их параметры. Химические процессы, протекающие в фоторезистах. Материалы для фоторезистов. Фотошаблоны и их свойства. Основные этапы процесса фотолитографии.</p> <p>Ограничения фотолитографии. Литография глубокого УФ диапазона. Рентгеновская литография. Электронная литография. Резисты в электронно-лучевой литографии. Особенности экспонирования в электронно-лучевой литографии. Ионная литография. Профилирование резистов сканирующими зондами. Нанопечатная литография. Сравнение нанолитографических методов.</p>
<p>Раздел 11. Формирование наноструктур зондовыми методами.</p>	<p>Атомная инженерия. Физические основы зондовых нанотехнологий. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) и атомно-силовой микроскоп (АСМ). Пондеромоторные силы. Поляризационные эффекты и модификация среды в зазоре. Локальное окисление металлов и полупроводников. Локальное химическое осаждение из газовой фазы. Локальная глубинная модификация поверхности. Межэлектродный массоперенос. Локальное анодное окисление. Лазерное наноманипулирование</p>

	Методы сканирующей зондовой литографии. Зондовое формирование полимерных микропроводников. Углеродная наноэлектроника. Локальное анодное окисление пиролитического графита.
Раздел 12. Перспективы развития нанотехнологий.	Нанобиотехнологии. Преимущества и риски нанотехнологий. Организационные и финансовые аспекты развития нанотехнологий.

#### 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	Получение наночастиц серебра	4	4	1
2	Синтез и оптические свойства водных растворов наночастиц золота	4	4	2
3	Получение наночастиц методом коагуляции золя гидроксида железа.	4	4	2
4	Получение двумерных наноструктур методом анодного травления	4	4	3
5	Получение двумерных наноструктур оксида алюминия методом анодного окисления	4	4	3
6	Исследование поверхности методом атомносиловой микроскопии	4	4	3
7	Исследование оптических свойств наноструктур и фотонных кристаллов	4	4	4
8	Изучение процессов фотолюминесценции в наноразмерных полупроводниковых структурах оксида цинка	4	4	4

9	Изучение линейного магнитооптического эффекта Керра в наноструктурированных ферромагнитных материалах	2	2	4
Семестр 5				
10	Основы методов зондовой микроскопии наноструктур	4	4	5
11	Исследование оптических свойств наноструктур и фотонных кристаллов	4	4	5
12	Оптические свойства растворов, содержащих наночастицы. Поверхностный плазмонный резонанс и комбинационное рассеяние	4	4	6
13	Наблюдение аномального двулучепреломления и дихроизма в анизотропных плазмонных метаматериалах	4	4	6
14	Оптическое манипулирование одиночными наночастицами в оптическом пинцете	4	4	7
15	Оптическое манипулирование одиночными наночастицами в оптическом пинцете	4	4	8
16	Сборка солнечного элемента нового типа с использованием нанотехнологий	4	4	9
17	Изучение процесса обработки наноразмерных плёнок и поверхности в условиях СВЧ плазмохимического травления	4	4	10
18	Измерение управляемого перемещения в нанометровом диапазоне материалов с обратным пьезоэффектом	2	2	11
Всего:		<b>68</b>	<b>68</b>	

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	Семестр 5, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)		70	7
Курсовое проектирование (КП, КР)			
Расчетно-графические задания (РГЗ)			
Выполнение реферата (Р)			
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		23	14
Домашнее задание (ДЗ)			
Контрольные работы заочников (КРЗ)			

Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)			
	Всего:	114	93
			21

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 / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<a href="https://e.lanbook.com/reader/book/44757">https://e.lanbook.com/reader/book/44757</a>	Давыдов С. Ю., Лебедев А. А., Посредник О. В. Элементарное введение в теорию наносистем: Учебное пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 192 с.: ил.	
<a href="https://e.lanbook.com/reader/book/94129">https://e.lanbook.com/reader/book/94129</a>	Основы нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебник /Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин. — 2-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 400 с.). — М. : Лаборатория знаний, 2017. -	
<a href="https://e.lanbook.com/reader/book/113943">https://e.lanbook.com/reader/book/113943</a>	Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2019. - 332 с.: ил.	
<a href="https://e.lanbook.com/reader/book/84102">https://e.lanbook.com/reader/book/84102</a>	Наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. — 3-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 345 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — (Нанотехнологии). - Наноэлектроника [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. — 3-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 345 с.). — М. : БИНОМ.	

	Лаборатория знаний, 2015. — (Нанотехнологии).	
<a href="https://e.lanbook.com/reader/book/70729">https://e.lanbook.com/reader/book/70729</a>	Малые объекты — большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии [Электронный ресурс] / Генрих Эрлих. — 3-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. -	
<a href="https://urait.ru/bcode/45122">https://urait.ru/bcode/45122</a>	Щука, А. А. Нанозлектроника : учебник для вузов / А. А. Щука ; под общей редакцией А. С. Сигова. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 297 с.	
<a href="https://urait.ru/bcode/446761">https://urait.ru/bcode/446761</a>	Будилов, В. В. Физические методы нанесения нанопокровов : учебное пособие для вузов / В. В. Будилов, В. С. Мухин, С. Р. Шехтман. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020.	

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

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

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

URL адрес	Наименование
<a href="https://www.nanonewsnet.ru/">https://www.nanonewsnet.ru/</a>	Сайт о нанотехнологиях в России
<a href="http://www.rusnanonet.ru/">http://www.rusnanonet.ru/</a>	Информационно-аналитический портал российской национальной нанотехнологической сети
<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a>	Некоммерческий интернет-проект, посвященный нанотехнологиям
<a href="http://www.rusnor.org/">http://www.rusnor.org/</a>	Нанотехнологическое общество России
<a href="https://www.rusnano.com/">https://www.rusnano.com/</a>	РОСНАНО – компания, реализующая государственную политику по развитию nanoиндустрии

#### 8. Перечень информационных технологий

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

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

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

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

#### 9. Материально-техническая база

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

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Мультимедийная лекционная аудитория	
5	Специализированная лаборатория «Физики тонких пленок и нанотехнологий»	

#### 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
Экзамен	Список вопросов к экзамену; тесты
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; статьи; тесты

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"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> </ul>
Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«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>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

## 10.2. 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
1	Нанотехнологии в науке и технике. История развития, основные этапы и достижения. Проблема управления свойствами материалов: композиты нанокompозиты, наноматериалы.	ОПК-1.3.1

2	Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы. Фазовые диаграммы. Растворы, твердые растворы и сплавы. Диаграммы плавкости, кипения. Эвтектика. Образование и рост зародышей новой фазы. Критический размер зародыша.	ОПК-1.У.1
3	Напишите алгоритм для расчета глубины проникновения иона аргона в титановую подложку, если известно, что доза облучения $1 \cdot 10^{17}$ ион/см <sup>2</sup> , $R_p$ - средний проецированный пробег (0,2741 мкм); $A_{RP}$ - стандартное отклонение проецированного пробега ( $D_{RP} = 0,0550$ мкм). Реализуйте алгоритм на языке программирования.	ОПК-6.У.1
4	Определите вероятность реиспарения адсорбированного атома хрома, если частота его колебания ( $\sim 10^{14}$ с <sup>-1</sup> ), температура адсорбированных атомов около 400 °С, а энергия связи равна энергии активации десорбции 0,8 эВ.	ОПК-5.У.1
5	Коэффициент распыления материала подложки равен 1,24 при условии нормального падения атома на мишень. Определите с какой энергией падает атом аргона на медную мишень, если энергия сублимации 3,48 эВ/атом.	ОПК-5.У.1
6	Коэффициент максимальной передачи энергии равен 0,9918, определите каким ионом бомбардируют титановую подложку.	ОПК-5.У.1
7	Дисперсные системы. Размерные эффекты в химии. Наноструктуры и коллоидная химия. Основные подходы к классификации дисперсных систем. Золи, гели, ксерогели, цеолиты. Строение мицеллы неорганических веществ. Двойной электрический слой. Электрокинетические эффекты.	ОПК-1.В.1
8	Поверхность и ее роль в физике дисперсных систем. Атомно-молекулярное взаимодействие на границах раздела фаз. Понятие об устойчивости дисперсных систем. Агрегация. Седиментация.	ОПК-5.3.1
9	Поверхностная энергия. Когезия и адгезия. Давление Лапласа, капиллярные эффекты. Уравнение Кельвина (Томсона). Рост эпитаксиальных пленок. Механизмы: Франка - ван дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского- Крастанова. Адсорбция. Модели Ленгмюра; Брунауэра, Эммета, Теллера; капиллярная конденсация. Кинетика адсорбции и десорбции. Двумерная конденсация. Поверхностно-активные и инактивные вещества. Пленки Ленгмюра-Блоджетт.	ОПК-5.У.1
10	Элементы кристаллографии. Точечные, линейные и плоскостные дефекты кристаллической решетки. Механические свойства моно- и нанокристаллических материалов; металокомпозиты и композитные стали. Мартенситные переходы, эффект памяти формы.	ОПК-5.В.1
11	Элементы зонной теории полупроводников. Валентная и зона проводимости. Распределение носителей заряда по энергиям, функция плотности состояний, уровень Ферми. Концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике, легирование полупроводников. МДП-р-п- и гетероструктуры. Перенос заряда в полупроводниках и барьерных полупроводниковых структурах. Диффузионный и дрейфовый ток.	ОПК-6.3.1
12	Классические и квантовые размерные эффекты. Проявление размерных эффектов в физических свойствах материалов. Характеристические длины. Длина волны де Бройля. Средний	ОПК-6.У.1

	свободный пробег электрона. Диффузионная длина. Длина экранирования. Длина локализации.	
13	Квантовые точки, нити, слои. Плотность электронных состояний и размерность системы. Электронный газ в 3D, 2D, 1D, 0D-структурах. Особенности магнитных свойств наноструктур. Суперпарамагнетизм.	ОПК-6.В.1
14	Перенос заряда в низкоразмерных системах. Формула Ландауэра. Баллистический транспорт. Резонансное туннелирование. Кулоновская блокада туннелирования. Электронный газ в магнитном поле, квантовый эффект Холла. Рассеяние света дисперсными системами. Оптические свойства металлических кластеров, плазменный резонанс.	ОПК-1.3.1
15	Оптические свойства квантовых ям и точек. Экситоны в низкоразмерных системах. Фотонные кристаллы. Электрооптические эффекты, лестница Штарка. Метаматериалы.	ОПК-1.У.1
16	Одноэлектронные устройства. Резонансно-туннельный диод. Одноэлектронный транзистор. Приемники излучения на основе наноструктур. Приборные структуры спинтроники. Элементы молекулярной электроники. Аллотропные формы углерода.	ОПК-1.В.1
17	Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Нанотрубки. Графен. Нанокompозиты в электронике и электротехнике. Электропроводность неупорядоченных систем. Элементы теории протекания. Представительный объем. Локальная и эффективная электропроводность. Эффективные значения кинетических коэффициентов. Перколяционный переход, изолятор - проводник электрического тока.	ОПК-5.3.1
18	Основные наполнители для композитов и технологии получения традиционных композитов. Керамика. Керамические изделия в электронике. Полимерные композиционные материалы	ОПК-5.У.1
19	«Электрофизические и оптические свойства наноструктур», «Применение низкоразмерных систем в электронике». Общие сведения о наноструктурированных материалах и наноразмерных объектах. Физико-химические особенности наноструктурированных материалов. Изменение свойств материалов при переходе к нанометровым размерам. Классификация методов создания наносистем и наноматериалов.	ОПК-5.В.1
20	Методы синтеза наночастиц и компактирования наноматериалов. Физическое диспергирование. Конденсация из жидкой и газовой фаз. Технологические процессы получения нанодисперсных систем оксидов и гидроксидов различных металлов. Формирование структур на основе коллоидных растворов. Золь-гель технология.	ОПК-6.3.1
21	Консолидированные наноструктурные материалы. Особенности объемных наноструктурных материалов, роль границ зерен. Порошковые технологии компактирования материалов. Ультразвуковое компактирование. Керамика. Ситаллы. Методы получения углеродных наноматериалов.	ОПК-1.3.1
22	Синтез углеродных нанотрубок. Синтез углеродных нанотрубок методом электродугового распыления графита. Лазерная абляция графита. Химическое осаждение из газовой фазы. Формирование ориентированных массивов углеродных нанотрубок.	ОПК-1.У.1

23	<p>Методы получения графена. Формирование нанокомпозитов с углеродными нанотрубками в качестве наполнителя. Создание диэлектрических матриц с упорядоченной структурой. Процессы создания диэлектрических матриц с упорядоченной структурой на основе оксида алюминия и оксида кремния с помощью анодирования. Получение упорядоченных массивов нанопроволок посредством заполнения пористых диэлектрических матриц различными металлами.</p>	ОПК-1.В.1																				
24	<p>Общие сведения об эпитаксии. Термодинамика поверхности, процессы на поверхности и в приповерхностных слоях. Модели эпитаксиального роста пленок Фольмера-Вебера, Франка-ван дер Мерве и Странски-Крастанова. Основные методы эпитаксиального наращивания. Газофазная эпитаксия, жидкофазная эпитаксия. Влияние параметров процесса эпитаксии на скорость роста пленок. Использование эпитаксии при изготовлении приборных структур, структуры активных приборов. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Особенности молекулярно-лучевой эпитаксии. Приборы и техника молекулярно-лучевой эпитаксии. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений.</p>	ОПК-1.В.1																				
25	<p>Определите среднюю толщину покрытия, если известна масса изделия, до и после нанесения покрытий, поверхность покрываемого объекта и плотность металла покрытия (коэффициент приведения размерности <math>k=10^4</math>). Составьте программу на любом языке программирования для решения данной задачи.</p> <table border="1" data-bbox="347 1173 1281 1563"> <thead> <tr> <th>Покрытие</th> <th>Масса до осаждения</th> <th>Масса после осаждения</th> <th>Плотность металла покрытия</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TiN</td> <td>8,356</td> <td>8,9678</td> <td>5,21</td> </tr> <tr> <td>CrN</td> <td>7,896</td> <td>9,56</td> <td>5,9</td> </tr> <tr> <td>TiC</td> <td>7,356</td> <td>8,563</td> <td>4,93</td> </tr> <tr> <td>NiCr</td> <td>9,1225</td> <td>9,989</td> <td>8,9</td> </tr> </tbody> </table>	Покрытие	Масса до осаждения	Масса после осаждения	Плотность металла покрытия	TiN	8,356	8,9678	5,21	CrN	7,896	9,56	5,9	TiC	7,356	8,563	4,93	NiCr	9,1225	9,989	8,9	ОПК-6.3.1
Покрытие	Масса до осаждения	Масса после осаждения	Плотность металла покрытия																			
TiN	8,356	8,9678	5,21																			
CrN	7,896	9,56	5,9																			
TiC	7,356	8,563	4,93																			
NiCr	9,1225	9,989	8,9																			
26	<p>Методы молекулярного наслаивания и атомно-слоевой эпитаксии. Сверхтонкие пленки металлов и диэлектриков. Гетероэпитаксия. Технология пленок Ленгмюра-Блоджетт.</p>	ОПК-5.3.1																				
27	<p>Процессы самоорганизации и самосборки в нанотехнологиях. Самоорганизация при эпитаксиальном росте. Гетероструктуры как основа наноструктур. Синтез квантовых точек и квантовых проволок.</p>	ОПК-5.У.1																				
28	<p>Формирование полупроводниковых гетеротрубок. Полупроводниковые нанопленки и нанопроволоки, металлические</p>	ОПК-5.В.1																				

	нанопленки и нанопроволоки. Механизм синтеза нанопроволок и нановискеров. Формирование нановолокон и наноспиралей. Наногофрированные структуры.	
29	Самоорганизация гетероэпитаксиальных структур. Ионный синтез квантовых наноструктур. Синтез двумерных и трехмерных упорядоченных массивов нанокристаллов металлов, сплавов металлов, полупроводников.	ОПК-6.3.1
30	Формирование наноструктур на основе опаловых матриц. Формирование упорядоченных полимерных структур на основе явления самосборки и их использование в качестве масок и шаблонов для формирования углеродных и полупроводниковых наноразмерных структур.	ОПК-1.У.1
31	Сущность процессов литографии. Фотолитография. Фоторезисты и их параметры. Химические процессы, протекающие в фоторезистах. Материалы для фоторезистов. Фотошаблоны и их свойства. Основные этапы процесса фотолитографии.	ОПК-1.В.1
32	Ограничения фотолитографии. Литография глубокого УФ диапазона. Рентгеновская литография. Электронная литография. Резисты в электронно-лучевой литографии. Особенности экспонирования в электронно-лучевой литографии. Ионная литография. Профилирование резистов сканирующими зондами. Нанопечатная литография. Сравнение нанолитографических методов.	ОПК-5.3.1
33	Атомная инженерия. Физические основы зондовых нанотехнологий. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ) и атомно-силовой микроскоп (АСМ). Пондеромоторные силы. Поляризационные эффекты и модификация среды в зазоре. Локальное окисление металлов и полупроводников. Локальное химическое осаждение из газовой фазы. Локальная глубинная модификация поверхности. Межэлектродный массоперенос. Локальное анодное окисление.	ОПК-5.У.1
34	Лазерное наноманипулирование. Методы сканирующей зондовой литографии. Зондовое формирование полимерных микропроводников. Углеродная нанoeлектроника. Локальное анодное окисление пиролитического графита.	ОПК-1.У.1
35	Нанобиотехнологии. Преимущества и риски нанотехнологий. Организационные и финансовые аспекты развития нанотехнологий.	ОПК-1.В.1

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

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета	Код индикатора
1	Нанотехнологии в науке и технике. История развития, основные этапы и достижения. Проблема управления свойствами материалов: композиты нанокомпозиты, наноматериалы.	ОПК-1.3.1

2	Напишите алгоритм для определения средней скорости потока электронов, если известна плотностью электронного тока и средняя концентрация электронов в плазме, $10^{-15}$ см. Реализуйте алгоритм в виде программы.	ОПК-5.У.1 ОПК-6.У.1
3	Напишите алгоритм для определения скорости коррозии образца с вакуумных ионно-плазменном покрытием Ti-TiN, если известно, что исходный образец имел массу 5,2565 г, а после взвешивание показало 5,1363 г. Диаметр образца 20 мм. Время проведения испытаний 30 суток. Реализуйте алгоритм в виде программы.	ОПК-5.У.1 ОПК-6.У.1
4	Скорость коррозии материала ст.5 с покрытием составила 0,3695 г/м <sup>2</sup> ч. Определите время испытания, если исследуется образец диаметром 30 мм, потеря массы на единицу площади поверхности составило 0,523. Напишите программу для расчета скорости коррозии.	ОПК-5.У.1 ОПК-6.У.1
5	Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы. Фазовые диаграммы. Растворы, твердые растворы и сплавы. Диаграммы плавкости, кипения. Эвтектика. Образование и рост зародышей новой фазы. Критический размер зародыша.	ОПК-1.3.1
6	Дисперсные системы. Размерные эффекты в химии. Наноструктуры и коллоидная химия. Основные подходы к классификации дисперсных систем. Золи, гели, ксерогели, цеолиты.	ОПК-1.В.1
7	Строение мицеллы неорганических веществ. Двойной электрический слой. Электрокинетические эффекты.	ОПК-5.3.1
8	Поверхность и ее роль в физике дисперсных систем. Атомно-молекулярное взаимодействие на границах раздела фаз. Понятие об устойчивости дисперсных систем. Агрегация. Седиментация.	ОПК-5.У.1
9	Поверхностная энергия. Когезия и адгезия. Давление Лапласа, капиллярные эффекты. Уравнение Кельвина (Томсона). Рост эпитаксиальных пленок. Механизмы: Франка - ван дер Мерве, Вольмера-Вебера, Странского- Крастанова.	ОПК-5.В.1
10	Адсорбция. Модели Ленгмюра; Брунауэра, Эммета, Теллера; капиллярная конденсация. Кинетика адсорбции и десорбции. Двумерная конденсация. Поверхностноактивные и инактивные вещества. Пленки Ленгмюра- Блджетт.	ОПК-6.3.1
11	Элементы кристаллографии. Точечные, линейные и плоскостные дефекты кристаллической решетки. Механические свойства моно- и нанокристаллических материалов; металокомпозиы и композитные стали. Мартенситные переходы, эффект памяти формы.	ОПК-6.У.1

12	Элементы зонной теории полупроводников. Валентная и зона проводимости. Распределение носителей заряда по энергиям, функция плотности состояний, уровень Ферми. Концентрация носителей заряда в собственном полупроводнике, легирование полупроводников.	ОПК-6.В.1
13	МДП-р-п- и гетероструктуры. Перенос заряда в полупроводниках и барьерных полупроводниковых структурах. Диффузионный и дрейфовый ток.	ОПК-5.3.1
14	Классические и квантовые размерные эффекты. Проявление размерных эффектов в физических свойствах материалов. Характеристические длины. Длина волны де Бройля. Средний свободный пробег электрона. Диффузионная длина. Длина экранирования. Длина локализации.	ОПК-5.У.1
15	Квантовые точки, нити, слои. Плотность электронных состояний и размерность системы.	ОПК-5.В.1
16	Электронный газ в 3D, 2D, 1D, 0D- структурах. Особенности магнитных свойств наноструктур. Суперпарамагнетизм.	ОПК-5.В.1
17	Перенос заряда в низкоразмерных системах. Формула Ландауэра. Баллистический транспорт. Резонансное туннелирование. Кулоновская блокада туннелирования. Электронный газ в магнитном поле, квантовый эффект Холла. Рассеяние света дисперсными системами. Оптические свойства металлических кластеров, плазменный резонанс.	ОПК-5.В.1
18	Оптические свойства квантовых ям и точек. Экситоны в низкоразмерных системах. Фотонные кристаллы. Электрооптические эффекты, лестница Штарка. Метаматериалы.	ОПК-1.3.1
19	Одноэлектронные устройства. Резонансно-туннельный диод. Одноэлектронный транзистор. Приемники излучения на основе наноструктур. Приборные структуры спинтроники. Элементы молекулярной электроники. Аллотропные формы углерода.	ОПК-1.3.1
20	Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Нанотрубки. Графен. Нанокompозиты в электронике и электротехнике. Электропроводность неупорядоченных систем. Элементы теории протекания. Представительный объем.	ОПК-1.В.1
21	Локальная и эффективная электропроводность. Эффективные значения кинетических коэффициентов. Перколяционный переход, изолятор - проводник электрического тока.	ОПК-5.3.1
22	Основные наполнители для композитов и технологии получения традиционных композитов. Керамика. Керамические изделия в электронике. Полимерные композиционные материалы.	ОПК-5.У.1

23	«Электрофизические и оптические свойства наноструктур», «Применение низкоразмерных систем в электронике». Общие сведения о наноструктурированных материалах и наноразмерных объектах.	ОПК-5.В.1
24	Физико-химические особенности наноструктурированных материалов. Изменение свойств материалов при переходе к нанометровым размерам. Классификация методов создания наносистем и наноматериалов.	ОПК-6.3.1
25	Написание научно-исследовательских публикаций с индексацией elibrary.ru. Примерные темы статей: 1. Исследование физических свойств однослойных диэлектрических нанопокровов. 2. Исследование физических свойств однослойных металлических нанопокровов. 3. Исследование влияния условий осаждения металлических нанослоев на характеристики нейтральных светофильтров. 4. Исследование металлодиэлектрических зеркал на основе нанослоев. 5. Изготовление узкополосных фильтров на основе диэлектрических нанослоев. 6. Исследование физических свойств узкополосных фильтров на основе диэлектрических нанослоев. Получение двумерных наноструктур методом анодного травления. 8. Получение двумерных наноструктур оксида алюминия методом анодного окисления. 9. Исследование оптических свойств наноструктур и фотонных кристаллов. 10. Изучение линейного магнитооптического эффекта Керра в наноструктурированных ферромагнитных материалах.	ОПК-3.3.1, ОПК-3.У.1, ОПК-3.В.1 ОПК-5.3.1 ОПК-5.У.1 ОПК-5.В.1

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

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

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

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

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	1 семестр	



1	<p>С увеличением размера кристаллических тел от 100 до 200 нм температура плавления:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) не изменяется</li> <li>2) может как уменьшаться, так и возрастать</li> <li>3) уменьшается</li> <li>4) возрастает</li> </ol>	ОПК-3.В.1
2	<p>Увеличение прочности материалов с уменьшением размера структурных элементов объясняется:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) уменьшением количества дефектов структуры</li> <li>2) преобладанием поверхности наночастиц над объемом</li> <li>3) преобладанием объема над наночастиц над поверхностью</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-5.3.1
3	<p>С уменьшением размера частиц от 100 до 0,1 нм ширина запрещенной зоны:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) уменьшается</li> <li>2) возрастает</li> <li>3) может как уменьшаться, так и возрастать</li> <li>4) не изменяется</li> </ol>	ОПК-5.У.1
4	<p>Размерные эффекты в наносистемах — это:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) зависимость свойств наночастиц от их объема в области до 200 нм</li> <li>2) зависимость свойств наночастиц от их массы в области до 100 нм</li> <li>3) зависимость свойств наночастиц от их размера в области до 100 нм</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-3.У.1
5	<p>С уменьшением размера кристаллических тел от 2000 до 1500 нм температура плавления:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) возрастает</li> <li>2) уменьшается</li> <li>3) может как уменьшаться, так и возрастать</li> <li>4) не изменяется</li> </ol>	ОПК-3.В.1
6	<p>Размерные эффекты в наносистемах объясняются:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) малой массой наночастиц</li> <li>2) преобладанием объема над наночастиц над поверхностью</li> <li>3) преобладанием поверхности наночастиц над объемом</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-5.3.1
7	<p>При образовании наноструктур из молекул или атомов энтропия:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) может как увеличиваться, так и уменьшатся</li> <li>2) увеличивается</li> <li>3) уменьшается</li> <li>4) остается постоянной</li> </ol>	ОПК-5.У.1
8	<p>Согласно законам термодинамики, свободная энергия в устойчивой системе частиц:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) равна нулю</li> </ol>	ОПК-5.В.1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>2) максимальна</li> <li>3) имеет минимум</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	
9	<p>Свободная энергия наносистем:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) может как зависеть, так и не зависеть от поверхности наноструктур</li> <li>2) всегда постоянна</li> <li>3) зависит от поверхности наноструктур</li> <li>4) не зависит от поверхности наноструктур</li> </ul>	ОПК-6.3.1
10	<p>Энтропия — это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) мера диссипации энергии</li> <li>2) мера кинетической энергии частиц</li> <li>3) мера температуры тела</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-3.У.1
11	<p>Алмаз относится к соединениям углерода в состоянии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) <math>sp^3</math>-гибридизации</li> <li>2) <math>sp</math>-гибридизации</li> <li>3) <math>sp^2</math>-гибридизации</li> <li>4) <math>dsp^2</math>-гибридизации</li> </ul>	ОПК-5.3.1
12	<p>Фуллерен относится к соединениям углерода в состоянии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) <math>sp</math>-гибридизации</li> <li>2) <math>sp^3</math>-гибридизации</li> <li>3) <math>sp^2</math>-гибридизации</li> <li>4) <math>dsp^3</math>-гибридизации</li> </ul>	ОПК-5.У.1
13	<p>Графен относится к соединениям углерода в состоянии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) <math>sp</math>-гибридизации</li> <li>2) <math>sp^2</math>-гибридизации</li> <li>3) <math>sp^3</math>-гибридизации</li> <li>4) <math>dsp^3</math>-гибридизации</li> </ul>	ОПК-5.В.1
14	<p>Квантовые точки существуют:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) в стеклах и кристаллах</li> <li>2) только в кристаллах</li> <li>3) в коллоидных растворах, в аморфных и кристаллических средах</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-6.3.1
15	<p>Размер квантовых точек располагается в пределах:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) от 1 до 10 нм</li> <li>2) от 10 до 100 нм</li> <li>3) от 1 до 100 нм</li> <li>4) размера молекулы или кристалла</li> </ul>	ОПК-3.У.1
16	<p>Графен характеризуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) электронной структурой аналогичной структуре графита</li> <li>2) однородной дискретной электронной структурой</li> <li>3) расщепленной дискретной электронной структурой</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-3.У.1
17	<p>Графен обладает:</p>	ОПК-3.В.1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) малой подвижностью заряда, до <math>2 \text{ см}^2/(\text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1})</math></li> <li>2) высокой подвижностью заряда до <math>20\,000 \text{ см}^2/(\text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1})</math></li> <li>3) высокой подвижностью заряда до <math>2000 \text{ см}^2/(\text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1})</math></li> <li>4) подвижностью заряда до <math>200 \text{ см}^2/(\text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1})</math></li> </ul>	
18	<p>Графен характеризуется структурой:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) один слой sp-гибридных атомов углерода в виде бензольных колец</li> <li>2) один слой sp<sup>2</sup>-гибридных атомов углерода в виде бензольных колец</li> <li>3) от 1 до 10 слоев sp<sup>2</sup>-гибридных атомов углерода в виде бензольных колец</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-5.3.1
19	<p>Полициклические ароматические углеводороды имеют:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) до 10 бензольных колец</li> <li>2) несколько конденсированных бензольных колец</li> <li>3) бесконечное число бензольных колец</li> <li>4) от 1 до 5 конденсированных бензольных колец</li> </ul>	ОПК-5.У.1
20	<p>Из перечисленных углеводородов полупроводником является:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) нафталин</li> <li>2) антрацен</li> <li>3) тетрацен</li> <li>4) ни один не является</li> </ul>	ОПК-5.В.1
21	<p>Пицен состоит:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) из 6 бензольных колец</li> <li>2) из 5 бензольных колец</li> <li>3) из 4 бензольных колец</li> <li>4) из 3 бензольных колец</li> </ul>	ОПК-6.3.1
22	<p>К углеродным нанолентам относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) графен</li> <li>2) полициклические углеводороды</li> <li>3) протяженные структуры, состоящие из большого числа бензольных колец</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-3.У.1
23	<p>Графеновые наноленты характеризуются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) металлическими свойствами</li> <li>2) полупроводниковыми свойствами</li> <li>3) диэлектрическими свойствами</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-6.3.1
24	<p>Графеновые наноленты получают:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) химическим синтезом</li> <li>2) низкотемпературным охлаждением</li> <li>3) механическим расщеплением графена</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-6.У.1
25	<p>Супрамолекулярные агрегаты возникают:</p>	ОПК-3.У.1

	1) за счет ассоциации 2) за счет электростатических взаимодействий 3) за счет химической связи 4) нет правильного ответа	
26	Супрамолекулярные ансамбли образуют: 1) химические связи 2) специфическую фазу 3) ковалентные связи 4) нет правильного ответа	ОПК-3.У.1
27	К супрамолекулам относятся: 1) молекулярные системы, в которых имеются атомы или молекулы, не связанные химической связью 2) комплексы с переносом заряда 3) молекулы полимеров 4) нет правильного ответа	ОПК-3.В.1
28	Равенство индексов хиральности имеет место в углеродных нанотрубках: 1) типа «кресло» 2) ахиральных 3) спиральных 4) загогообразных	ОПК-5.3.1
29	Углеродные нанотрубки имеют размеры: 1) в поперечнике от 1 до 10 нм, длина - от 10 нм до 1 м 2) в поперечнике от 10 до 100 нм, длина до 100 нм 3) в поперечнике от 10 до 100 нм, длина от 10 нм до 1 м 4) в поперечнике от 1 до 10 нм, длина до 100 нм	ОПК-3.У.1
30	Углеродные нанотрубки являются: 1) металлами 2) полупроводниками и металлами 3) диэлектриками 4) нет правильного ответа	ОПК-3.В.1
31	Эндодральные фуллерены: 1) состоят из большого числа молекул фуллерена 2) имеют атомы и молекулы внутри полости углеродного многогранника 3) имеют атомы и молекулы снаружи полости углеродного многогранника 4) нет правильного ответа	ОПК-5.3.1
32	Фуллериды — это: 1) структуры, состоящие из вложенных одна в другую полостей фуллерена 2) эндодральные фуллерены 3) молекулярные кристаллы фуллеренов, межмолекулярное пространство в которых заполнено атомами металлов 4) нет правильного ответа	ОПК-5.У.1

33	<p>Гиперфуллерены — это:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) бъекты, включающие любые молекулы внутри полости углеродного многогранника</li> <li>2) фуллерены, состоящие из большого числа атомов углерода</li> <li>3) объекты, состоящие из вложенных в друг друга фуллереновых многогранников атомов углерода</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-5.В.1
34	<p>Фуллерены являются:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) полупроводниками</li> <li>2) металлами</li> <li>3) диэлектриками</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-6.3.1
35	<p>Выберите правильные утверждения, относящиеся к фуллеренам</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) образованы бензольными кольцами и пятиугольниками из атомов углерода в состоянии <math>sp^2</math>-гибридизации</li> <li>2) образованы бензольными кольцами из атомов углерода в состоянии <math>sp^2</math>-гибридизации любыми многогранниками из атомов углерода</li> <li>3) нет правильного ответа</li> <li>4) образованы элементарными ячейками, содержащими 18 атомов углерода, из них 8 расположены в вершинах куба.</li> </ol>	ОПК-6.У.1
36	<p>Полиацетилен состоит из большого числа атомов углерода в состоянии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>sp^2</math>-гибридизации</li> <li>2) <math>sp</math>-гибридизации</li> <li>3) <math>sp^3</math>-гибридизации</li> <li>4) <math>dsp^2</math>-гибридизации</li> </ol>	ОПК-5.3.1
37	<p>Обогащенные полимеры:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) являются полупроводниками</li> <li>2) являются диэлектриками</li> <li>3) имеют широкий диапазон электрических свойств</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-5.У.1
38	<p>Композиционные материалы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) являются смесью различных полимеров</li> <li>2) состоят из полимерной матрицы и наполнителя</li> <li>3) состоят из однородного полимера</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-5.В.1
39	<p>Легированный йодом полиацетилен обладает свойствами:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) полупроводника</li> <li>2) диэлектрика</li> <li>3) полупроводника и металла</li> <li>4) ферромагнетика</li> </ol>	ОПК-3.У.1
40	<p>Электропроводность материалов полупроводников находится в диапазоне:</p>	ОПК-3.В.1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) больше <math>10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}</math></li> <li>2) <math>10^{-9} - 10^{-14} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}</math></li> <li>3) <math>10^{-8} - 10^{-11} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}</math></li> <li>4) <math>10^{-2} - 10^{-7} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}</math></li> </ul>	
41	<p>С увеличением расстояния между НСМО и ВЗМО:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) электропроводность может стать как больше, так и меньше</li> <li>2) электропроводность становится ниже</li> <li>3) электропроводность не изменяется</li> <li>4) электропроводность становится больше</li> </ul>	ОПК-3.У.1
42	<p>К диэлектрикам относятся материалы с шириной запрещенной зоны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) больше 2 эВ</li> <li>2) больше 1 эВ</li> <li>3) больше 3 эВ</li> <li>4) меньше 2 эВ</li> </ul>	ОПК-3.В.1
43	<p>Закон Аррениуса для электропроводности характеризует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) процесс взаимодействия электронов</li> <li>2) прыжковую проводимость экситонного типа</li> <li>3) диэлектрическую проницаемость материала</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-5.3.1
44	<p>Законы проводимости тонких пленок полимеров:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) такие же, как для индивидуальных молекул мономера</li> <li>2) такие же, как в объеме полимера;</li> <li>3) отличаются от объемных свойств за счет локализованных состояний</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-3.У.1
45	<p>Механизм проводимости сопряженных полимеров связан:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) с образованием солитонов</li> <li>2) с возникновением туннельного эффекта</li> <li>3) с высокой диэлектрической проницаемостью материала</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-3.В.1
46	<p>Бесцветные вещества, как правило, относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) к сегнетоэлектрикам</li> <li>2) к полупроводникам</li> <li>3) к диэлектрикам</li> <li>4) к пьезоэлектрикам</li> </ul>	ОПК-5.3.1
47	<p>Оптические и электрические свойства красителей связаны между собой:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) через ширину запрещенной зоны</li> <li>2) через электропроводность</li> <li>3) через процесс взаимодействия электронов</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-5.У.1
48	<p>Вещества, обладающие цветом, относятся к классу:</p>	ОПК-5.В.1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) ферромагнетиков</li> <li>2) диэлектриков</li> <li>3) полупроводников и металлов</li> <li>4) диамагнетиков</li> </ul>	
49	<p>Красителями называются вещества, обладающие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) сродством к материалу</li> <li>2) цветностью</li> <li>3) цветностью и сродством к материалу</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-6.3.1
50	<p>С увеличением протяженности <math>\pi</math>-электронной системы красители изменяют свойства следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) увеличивается электропроводность и цвет сдвигается в пурпурно-красную и черную область</li> <li>2) увеличивается электропроводность и цвет сдвигается в сине-фиолетовую область</li> <li>3) уменьшается электропроводность и цвет сдвигается в сине-фиолетовую область</li> <li>4) уменьшается электропроводность и цвет сдвигается в пурпурно-красную и черную область</li> </ul>	ОПК-6.У.1
51	<p>Асфальтены содержатся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) в нефтяных фракциях с низкой температурой кипения</li> <li>2) в сырой нефти</li> <li>3) в нефтяном коксе</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-5.3.1
52	<p>Молекулярная структура асфальтенов состоит:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) из конденсированных бензольных колец</li> <li>2) из нафтеновых и углеродных колец</li> <li>3) из нафтеновых и бензольных колец</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-5.У.1
53	<p>Асфальтены имеют молекулярную массу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) от 100 до 500 углеродных единиц</li> <li>2) свыше 10 000 углеродных единиц</li> <li>3) от 500 до 1000 углеродных единиц</li> <li>4) от 700 до 10 000 углеродных единиц</li> </ul>	ОПК-5.В.1
54	<p>Кто из ученых является родоначальником исследований нанообъектов?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Г. Галилей</li> <li>2) Д. Менделеев</li> <li>3) И. Ньютон</li> <li>4) М. Фарадей</li> </ul>	ОПК-3.У.1
55	<p>Как называется знаменитая книга Э. Дрекслера, посвященная нанотехнологии?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) машины создания</li> <li>2) технология машиностроения</li> </ul>	ОПК-3.В.1

	3) создание нанотехнологий 4) машины конструирования	
	2 семестр	
1	Наноэлектроника определяется как область нанотехнологий, основной задачей которой является разработка электронных устройств на основе наноразмерных систем размером:  1) менее 1 мкм 2) менее 0,1 мкм 3) менее 1 нм 4) менее 0,1 нм	ОПК-3.В.1
2	Нанопечатная литография — это:  1) технология переноса изображения наноструктур с компьютера на поверхность материала с использованием реагентов или излучения 2) технология печати микросхем на поверхности пленки материала, покрытого резистом 3) технология печати микросхем с применением резиста 4) нет правильного ответа	ОПК-5.3.1
3	Туннельный электронный микроскоп отличается от атомно-силового тем, что он:  1) регистрирует только туннельный ток и неприменим к диэлектрикам 2) позволяет изучать только молекулы 3) применим ко всем без исключения наночастицам и материалам 4) нет правильного ответа	
4	Атомно-силовой микроскоп был создан:  1) в 1986 г. 2) в 1982 г. 3) в 1988 г. 4) в 1979 г.	ОПК-3.В.1
5	Сканирующий туннельный микроскоп создали:  1) Герд Бинниг, Генрих Рорер 2) Эрнст Руска, Герд Бинниг, Келвин Куэйт 3) Герд Бинниг, Келвин Куэйт, Кристофер Гербер 4) Генрих Рорер, Эрнст Руска	ОПК-5.3.1
6	Кантилевер — элемент микроскопа:  1) атомно-силового 2) туннельного 3) оптического 4) электронного	ОПК-5.У.1
7	Кулоновская блокада объясняется:  1) блокировкой движения электрона через квантовую точку потенциальным барьером 2) эффектом запираания тока в микроконденсаторе за счет сопротивления 3) гигантским сопротивлением гетероструктур	ОПК-3.У.1



	4) нет правильного ответа	
8	Эффект Ааронова — Бома — это изменение: 1) интерференции электронных волн в электрическом поле 2) интерференции электронных волн в магнитном поле 3) дифракции электронных волн в магнитном поле 4) нет правильного ответа	ОПК-3.В.1
9	Квантовый эффект Холла обусловлен: 1) квантованием сопротивления двумерного электронного газа в магнитном поле 2) квантованием магнитного поля полупроводника 3) квантовыми силами Лоренца в магнитном поле проводника 4) нет правильного ответа	ОПК-5.3.1
10	Проводящие наноструктуры, например, нанотрубки, не сгорают, несмотря на то что их сечение ничтожно мало, так как: 1) квантовое сопротивление мало 2) закон Ома не выполняется 3) они хорошо охлаждаются за счет теплоотвода 4) нет правильного ответа	ОПК-5.У.1
11	Силы Казимира обусловлены: 1) притяжением тел за счет квантовых флуктуаций виртуальных частиц вакуума 2) диполь-дипольным взаимодействием наночастиц 3) зависимостью свойств наночастиц от кулоновского взаимодействия 4) нет правильного ответа	ОПК-5.В.1
12	Фотоны в видимой области имеют энергию: 1—3 эВ 1—10 эВ 10—20 эВ 0,1—1 эВ	ОПК-6.3.1
13	Метаматериалы характеризуются тем, что: 1) изменяют направление и поглощение электромагнитных волн 2) отражают и поляризуют свет 3) отражают и поляризуют свет в магнитном и электрическом поле 4) нет правильного ответа	ОПК-3.У.1
14	Свет взаимодействует: 1) с электрическим и магнитным полем наноматериалов 2) с электрическим полем наноматериалов 3) с магнитным полем наноматериалов 4) нет правильного ответа	ОПК-5.3.1
15	Показатель преломления связан: 1) с намагниченностью и отражением света поверхностью наноматериала	ОПК-5.У.1

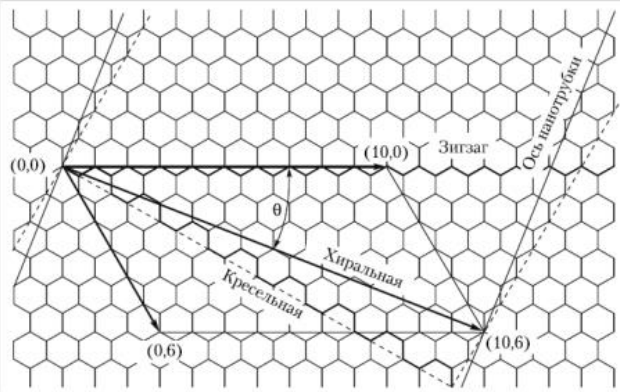
	<p>2) с диэлектрической проницаемостью и прозрачностью наноматериала</p> <p>3) с намагниченностью и диэлектрической проницаемостью наноматериала</p> <p>4) с диэлектрической и магнитной проницаемостью наноматериала</p>	
16	<p>Дисперсия света зависит:</p> <p>1) от частоты света</p> <p>2) от угла падения света</p> <p>3) от угла падения света и температуры</p> <p>4) от температуры</p>	ОПК-5.В.1
17	<p>Кэффициент отражения зависит:</p> <p>1) от угла рассеяния света</p> <p>2) от поляризации света</p> <p>3) от диэлектрической и магнитной проницаемостью материала</p> <p>4) нет правильного ответа</p>	ОПК-6.3.1
18	<p>В метаматериалах в процессе преломления:</p> <p>свет преломляется вправо</p> <p>свет преломляется влево</p> <p>свет только поляризуется</p> <p>нет правильного ответа</p>	ОПК-3.У.1
19	<p>Фотонные кристаллы:</p> <p>1) нет правильного ответа</p> <p>2) пропускают свет определенной частоты</p> <p>3) поляризуют свет</p> <p>4) пропускают свет любой частоты</p>	ОПК-3.У.1
20	<p>Магنونные кристаллы состоят из очень тонких слоев:</p> <p>1) диэлектрика</p> <p>2) ферромагнетика</p> <p>3) ферромагнетика и парамагнетика</p> <p>4) ферромагнетика и диэлектрика</p>	ОПК-3.В.1
21	<p>Наноматериалы как фотопреобразователи имеют КПД:</p> <p>1) 40-60 %</p> <p>2) до 35-40 %</p> <p>3) до 100 %</p> <p>4) 65-80 %</p>	ОПК-5.3.1
22	<p>Преимущество органических наносветодиодов:</p> <p>1) температуростойкость и прочность</p> <p>2) малое электросопротивление и прочность</p> <p>3) широкий цветовой охват и гибкость</p> <p>4) нет правильного ответа</p>	ОПК-5.У.1
23	<p>Полимерные LED характеризуются:</p> <p>1) повышенными яркостью и квантовым выходом</p> <p>2) изменением тока под влиянием магнитного поля</p> <p>3) повышенными прочностью и атмосферостойкостью</p> <p>4) нет правильного ответа</p>	ОПК-5.В.1

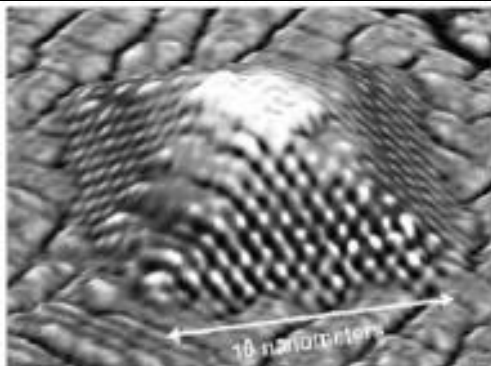
24	<p>Полупроводниковые лазеры на гетероструктурах имеют:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) любые упорядоченные структуры, взаимодействующие со светом</li> <li>2) квантовые ямы (квантовые точки)</li> <li>3) диэлектрические гетероструктуры</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-6.3.1
25	<p>Температура Кюри — это:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) температура перехода из ферромагнитного состояния в диамагнитное</li> <li>2) температура перехода из ферромагнитного состояния в парамагнитное</li> <li>3) температура перехода из диамагнитного состояния в антиферромагнитное</li> <li>4) температура перехода из диамагнитного состояния в ферромагнитное</li> </ol>	ОПК-6.У.1
26	<p>Температура Нееля — это:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) температура перехода из антиферромагнитного состояния в парамагнитное</li> <li>2) температура перехода из ферромагнитного состояния в диамагнитное</li> <li>3) температура перехода из диамагнитного состояния в парамагнитное</li> <li>4) температура перехода из диамагнитного состояния в антиферромагнитное</li> </ol>	ОПК-5.3.1
27	<p>Парамагнетик отличается от ферромагнетика:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) отсутствием доменов из атомных спинов</li> <li>2) отсутствием неспаренных электронов</li> <li>3) существованием обменного взаимодействия электронов</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-5.У.1
28	<p>К парамагнитным веществам относится:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) кислород</li> <li>2) углекислый газ</li> <li>3) медь</li> <li>4) ни один не относится</li> </ol>	ОПК-5.В.1
29	<p>Антиферромагнетик характеризуется тем, что:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) отсутствуют свободные спины и неспаренные электроны</li> <li>2) он содержит домены с противоположным направлением спинов</li> <li>3) он содержит беспорядочно ориентированные спины</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ol>	ОПК-3.У.1
30	<p>В наномангнетиках:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) температура Кюри снижается, намагниченность повышается</li> <li>2) температура Кюри увеличивается, намагниченность снижается</li> <li>3) температура Кюри и намагниченность снижаются</li> <li>4) температура Кюри и намагниченность увеличиваются</li> </ol>	ОПК-3.В.1
31	<p>Спин — это:</p>	ОПК-3.В.1

	<p>1) собственный магнитный момент электрона  2) механический момент электрона  3) орбитальный магнитный момент электрона  4) нет правильного ответа</p>	
32	<p>Магнитные спиновые моменты близки к нулю в частицах:</p> <p>1) Ni  2) Cu  3) Fe  4) ни в одной не близки</p>	ОПК-5.3.1
33	<p>Гиромагнитное отношение характеризуется отношением:</p> <p>1) орбитального момента к моменту инерции электрона  2) момента инерции к механическому моменту электрона  3) орбитального момента к механическому моменту электрона  4) механического момента к орбитальному моменту электрона</p>	ОПК-5.У.1
34	<p>Проанализируйте энергию спин-спинового взаимодействия частиц. Выберите все правильные утверждения.</p> <p>1) пропорциональна квадрату расстояния между частицами  2) обратно пропорциональна квадрату расстояния между частицами  3) обратно пропорциональна кубу расстояния между частицами  4) пропорциональна сумме магнитных моментов частиц  5) Энергия спин-спинового взаимодействия частиц:  6) обратно пропорциональна расстоянию между частицами  7) пропорциональна произведению магнитных моментов частиц</p>	ОПК-3.У.1
35	<p>Спиновый транзистор отличается от кремневого:</p> <p>1) квантованием тока в магнитном поле  2) переключением тока под влиянием магнитного поля полупроводника  3) переключением направления спина под влиянием поля  4) нет правильного ответа</p>	ОПК-3.В.1
36	<p>Сверхпроводимость возникает:</p> <p>1) из-за действия сил притяжения электронов к атомам кристаллической решетки  2) из-за конденсации электронов в куперовские пары под влиянием фононов  3) из-за конденсации электронов в куперовские пары под влиянием протонов  4) нет правильного ответа</p>	ОПК-5.3.1
37	<p>Сверхпроводимость возникает:</p> <p>1) из-за действия сил притяжения электронов к атомам кристаллической решетки  2) из-за конденсации электронов в куперовские пары под влиянием фононов  3) из-за конденсации электронов в куперовские пары под влиянием протонов  4) нет правильного ответа</p>	ОПК-5.У.1
38	<p>Органический ферромагнетизм возможен:</p>	ОПК-5.В.1

	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) в любых полимерах</li> <li>2) в полисопряженных полимерах</li> <li>3) в любых органических молекулах</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	
39	<p>Квантовая запутанность характеризуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) сепарабельной суперпозицией электронных состояний</li> <li>2) дифракцией электронных волн</li> <li>3) несепарабельной суперпозицией электронных состояний</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-6.3.1
40	<p>Кубиты - это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) спины атомов квантового компьютера, имеющих нечетное количество электронов</li> <li>2) квантовые разряды в процессоре квантового компьютера, отличающиеся большим числом состояний</li> <li>3) то же, что и биты, в квантовом компьютере могут находиться только в двух состояниях атомов</li> <li>4) нет правильного ответа</li> </ul>	ОПК-3.У.1
41	<p>Нуклеотиды ДНК состоят:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) из азотистого основания и остатка фосфорной кислоты</li> <li>2) из углевода (пентоза) и азотистого основания</li> <li>3) из углевода (пентоза) и остатка фосфорной кислоты</li> <li>4) из азотистого основания, углевода (пентоза) и остатка фосфорной кислоты</li> </ul>	ОПК-5.3.1
42	<p>К нуклеиновым кислотам относятся: Выберите все правильные ответы (один или несколько)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) РНК</li> <li>2) ДНК</li> <li>3) белки</li> <li>4) аминокислоты</li> </ul>	ОПК-5.У.1
43	<p>ДНК содержит следующие азотистые основания: Выберите все правильные ответы (один или несколько)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) аденин</li> <li>2) гуанин</li> <li>3) цитозин</li> <li>4) урацил</li> <li>5) тимин</li> </ul>	ОПК-5.В.1
44	<p>Самая простая и часто используемая методика иммобилизации биообъектов основана на процессе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) адсорбции</li> <li>2) абсорбции</li> <li>3) десорбции</li> <li>4) адгезии</li> </ul>	ОПК-6.3.1
45	<p>При исследовании электропроводности молекул ДНК методом сканирующей туннельной спектроскопии в качестве подложки, на которую осаждается молекула ДНК, используются:</p>	ОПК-3.У.1

	<p>1) только проводниковые материалы  2) любые материалы: диэлектрические, проводниковые или полупроводники  3) только диэлектрические материалы  4) нет правильного ответа</p>	
46	<p>К базовым состояниям ДНК относятся:  Выберите все правильные ответы (один или несколько)</p> <p>1) Г  2) Р  3) Т  4) А  5) В  6) Ц  7) Б</p>	ОПК-3.У.1
47	<p>ДНК-компьютер способен выполнить:</p> <p>1) 109 операций в секунду  2) 1015 операций в секунду  3) 1019 операций в секунду  4) 1011 операций в секунду</p>	ОПК-3.В.1
48	<p>Для наноиндентирования применяют ...</p> <p>1) алмазную пирамидку  2) шарик  3) плоский валик  4) алмазный ролик</p>	ОПК-5.3.1
49	<p>В чем принципиальные отличия плазменной обработки от ионной имплантации?</p> <p>1) ионная обработка может проводиться только в вакууме  2) при обработке материал не подвергается механическому воздействию  3) при обработке материал подвергается воздействию только ионов плазмы  4) при плазменной обработке материал подвергается воздействию электронов и ионов плазмы</p>	ОПК-5.У.1
50	<p>Наноструктурные материалы можно классифицировать по количеству измерений. Сопоставьте классификацию с описанием.  Количество измерений:</p> <p>1) двумерные;  2) нульмерные;  3) трехмерные;  4) одномерные.</p> <p>А) многослойные структуры с наноразмерными дислокациями, сверхрешетки, нанокластеры  Б) квантовые проводники, нанотрубки  В) квантовые точки, сфероидные наночастицы  Г) тонкие пленки, поверхности раздела</p>	ОПК-5.В.1
51	<p>Какое понятие можно определить следующим образом:</p>	ОПК-6.3.1

	<p>«... представляют собой структуры, в которых движение носителей заряда квантовано уже в двух направлениях. Основные физические явления в квантовых проволоках: квантование проводимости, сильно коррелированный электронный транспорт.»?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Фотонные кристаллы</li> <li>2) Квантовые точки</li> <li>3) Квантовые ямы</li> <li>4) Квантовые проволоки</li> </ol>	
52	<p>Какое понятие можно определить следующим образом: «... нанообъекты, в которых движение носителей заряда квантовано во всех трех направлениях. Они имеют дискретный энергетический спектр»?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Квантовые точки</li> <li>2) Фотонные кристаллы</li> <li>3) Квантовые проволоки</li> <li>4) Квантовые ямы</li> </ol>	ОПК-6.У.1
53	<p>Диаметр наночастицы <math>D</math> можно определить по следующей формуле:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>D = (n - 1) \cdot d</math></li> <li>2) <math>D = (n - 1) / d</math></li> <li>3) <math>D = (2n - 1) / d</math></li> <li>4) <math>D = (2n - 1) \cdot d</math></li> </ol>	ОПК-5.3.1
54	<p>Что представлено на рисунке?</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Кристаллическая и зонная структуры графена из двух подрешеток</li> <li>2) Модель образования нанотрубок с различной хиральностью</li> <li>3) Структуры углеродных нанотрубок</li> <li>4) Аллотропные модификации углерода</li> </ol>	ОПК-6.У.1
55	<p>Что представлено на рисунке?</p>	ОПК-5.3.1

		
	<p>1) Квантовые точки PbSe на поверхности PbTe</p> <p>2) Туннельная микроскопия нанокластеров Ge на поверхности Si (111) 7×7</p> <p>3) Германиевая квантовая точка на основе Si (001)</p> <p>4) Схема ионного синтеза Ge в Si</p>	

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

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

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

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

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;



- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

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

1.1. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах. Учебным планом не предусмотрено.

1.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий. Учебным планом не предусмотрено.

1.3. 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

В течение семестра каждый студент в соответствии с рабочей программой по дисциплине Физика должен выполнить определенное число лабораторных работ. На каждую лабораторную работу планируется не менее двух занятий: одно – на выполнение измерений, и одно - на защиту отчета. Отчет пишется не во время занятий, а дома или в библиотеке.

В начале семестра до начала занятий студент должен быть проинструктирован по технике безопасности при проведении лабораторных работ по физике. Прохождение инструктажа фиксируется в специальном журнале; там нужно обязательно расписаться. В лабораторию студенты должны приходить подготовленными к назначенной работе. Необходимо заранее прочитать описание работы и теоретические сведения из соответствующего раздела курса.

Выполнять работу студенту разрешается, лишь после допуска, полученного после беседы с преподавателем. Преподаватель должен убедиться, что студент понимает:

- какие явления он будет наблюдать и исследовать;
- какая цель перед ним поставлена;
- какими приборами и как ведутся измерения;
- как следует проводить эксперимент.

Полученный допуск к работе отмечается преподавателем в журнале. В процессе выполнения лабораторной работы нужно обязательно заполнить протокол измерений. У

каждого студента протокол измерений должен быть свой; ведение одного протокола несколькими студентами вместе не допускается.

Протокол ведется на листе формата А4. В протоколе должно быть отражено:

точное полное название и номер лабораторной работы в соответствии с методическим пособием;

фамилия, инициалы студента и номер группы;

фамилия и инициалы преподавателя;

таблица технических характеристик измерительных приборов (название прибора, рабочий диапазон, цена деления, класс точности и др.);

параметры установки, на ней указанные;

результаты измерений;

дата и подпись студента.

Все записи должны вестись авторучкой, шариковой, капиллярной или гелевой ручкой. Запись наблюдений и данных карандашом не допускается, карандашом можно лишь чертить таблицы и графики. Ведение «черновиков протокола» и переписывание их в конце занятия начисто не рекомендуется; это ненужная трата времени и возможность допустить ошибку при переписывании.

По окончании измерений протокол обязательно дается на подпись преподавателю.

Без этой подписи протокол считается недействительным. Подпись студента в протоколе обозначает, что он отвечает за все проведенные измерения, а подпись преподавателя означает, что работа действительно выполнялась и указанные значения действительно получены именно тем студентом, который составил протокол.

По результатам, зафиксированным в протоколе измерений, студент дома пишет отчет и защищает его на следующем занятии. При защите отчета могут быть заданы любые вопросы по теории изучаемого явления и по полученным результатам. За принятый отчет преподаватель выставляет студенту оценку и после этого сообщает номер и название следующей лабораторной работы.

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет должен содержать следующие разделы:

1. Цель работы. Она сформулирована в описании лабораторной работы, отсюда ее следует переписать.

2. Описание лабораторной установки. Описание установки должно быть кратким. Следует ограничиться функциональной или электрической схемой установки. Не нужно приводить внешнего вида приборов. Далее необходимо описать эксперимент и перечислить измерительные приборы в таблице технических характеристик, перенесенной из протокола измерений.

3. Рабочие формулы. Рабочими называются только те формулы, по которым непосредственно производятся вычисления исследуемых величин. Слева в формуле должно стоять то, что следует определить, справа – то, что измерялось в работе или известно. Все приведенные формулы должны быть пронумерованы.

Вывод формул и промежуточные выражения в этом разделе приводить не нужно. Формулы для вычисления погрешностей и проведения математической обработки результатов измерений в этом разделе тоже не приводятся.

4. Результаты измерений и вычислений. В этом разделе отчета должны быть приведены все измеренные и вычисленные результаты. По возможности, их нужно представлять в виде наглядных таблиц. В приводимых значениях нельзя оставлять лишние

десятичные разряды (подробнее об этом пойдет речь ниже). В работе может быть несколько заданий, все они должны быть приведены в этом разделе.

5. Примеры вычислений. В этом разделе отчета должны быть приведены подробные примеры вычислений по каждой рабочей формуле. Не нужно приводить всех вычислений, вполне достаточно одного примера по каждой формуле. Этот раздел нужен для того, чтобы преподавателю было легче найти ошибку в вычислениях или измерениях, если таковые встретятся.

6. Вычисление погрешностей. В этом разделе отчета должны быть представлены формулы, по которым проводилась математическая обработка результатов измерений. Должны быть выведены формулы, по которым вычислялись систематические и случайные погрешности и представлены примеры вычислений по каждой из них.

7. Графики и рисунки. Небольшие графики и рисунки размещаются в тексте, а большие – формата А4 – приводятся на отдельном листе. В любом случае они должны быть подписаны и пронумерованы, на них должны быть ссылки в тексте отчета. Графики выполняются обязательно на миллиметровой бумаге. На каждой оси должно быть обозначено, какая величина и в каких единицах вдоль нее откладывается. На самих осях должны быть нанесены только узлы координатной сетки. Измеренные на опыте значения подписывать на осях не следует. На график обязательно наносятся все экспериментальные точки, и проводится соединяющая их линия. Около одной или нескольких точек откладываются систематические погрешности соответствующих измерений.

8. Окончательные результаты, их обсуждение, выводы. В этом разделе отчета нужно подвести итог проделанной работы. Следует написать, какие получены величины, и с какими погрешностями. Если измерения проводились разными методами, то обязательно нужно сравнить эти результаты и их погрешности, сделать заключение, какой метод лучше, точнее, удобнее. Если известно табличное значение измеренной величины, то нужно обязательно сравнить его с полученным на опыте значением и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении.

Если значения одной и той же величины получены экспериментально и теоретически, то эти результаты нужно обязательно сравнить и дать аргументированное заключение об их совпадении или несовпадении. В случае, когда между сравниваемыми величинами имеются недопустимые расхождения, это нужно обязательно отметить в отчете и высказать предположение о возможных причинах этого несовпадения. Если в работе ставилось целью проверить какой-то физический закон или изучить явление, то в данном разделе необходимо дать обоснованный ответ на поставленный вопрос. Вывод должен соответствовать цели работы.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен выполняться на листах формата А4. Записи на листах ведутся только, с одной стороны. По краям листа должна быть оставлена рамка шириной не менее 20 мм. Эту рамку рисовать на листах не нужно, но и заступать за нее не следует. В рамке в верхнем поле нужно лишь поставить номер страницы. Пронумерованными должны быть все листы отчета, начиная с третьего. Первый лист – титульный и второй лист – протокол измерений, не нумеруются.

Отчет выполняется в рукописной форме. Титульный лист работы может быть написан от руки или напечатан на принтере.

1.4. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы. Учебным планом не предусмотрено.

1.5. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы.

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

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

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

1.6. 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.

1.7. 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».

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

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

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