



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа

**11.03.04- Электроника и нанoeлектроника**

Профили подготовки:

**Микроэлектроника и твердотельная электроника**

Уровень высшего образования

**Бакалавриат**

Форма обучения:

**Очная**

Статус дисциплины:

**Вариативная**

Махачкала 2016


Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Садыков С.А., д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «24» марта 2016 г., протокол № 8

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «25» марта 2016 г., протокол № 7.

Председатель \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«27» марта 2016 г. \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Гасангаджиева А.Г.

## Оглавление

Аннотация рабочей программы дисциплины.....	4
1. Цели освоения дисциплины .....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины. ....	9
4.1. Объем дисциплины.....	9
4.2. Структура дисциплины.....	9
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).....	12
5. Образовательные технологии .....	15
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. ....	16
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. ....	16
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	17
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания. ....	20
7.3. Типовые контрольные задания.....	23
7.3.1. Контрольные вопросы .....	23
7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе.....	24
7.3.3. Примеры текстовых заданий для промежуточного контроля.....	25
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций. ....	27
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. ....	27
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	28
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. ....	28
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	29
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	30

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Новые материалы электронной техники» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами современной физики полупроводников и физического материаловедения. Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины «Основы физического материаловедения»: Иметь представление о методах исследования физических свойств и структуры материалов; Знать основы дисциплин «Физика конденсированного состояния», «Термодинамика», «Статистическая физика».

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

**общекультурных:** способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

**общепрофессиональных:** способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

**профессиональных:** готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3).

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме: тестирование, индивидуальное собеседование, письменные контрольные задания и пр. и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семес тр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекц ии		Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации			
4	72	17	17			2	38	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель освоения дисциплины** «Новые материалы электронной техники» - дать базовые знания о тенденциях развития новых направлений физического материаловедения, разработке на базе современных микро- и нанотехнологий новых материалов для электроники и наноэлектроники, включая, углеродные наноматериалы, фрактальные структуры и материалы на основе диэлектриков, аморфные материалы и структуры, магнитные гранулированные наноматериалы и сверхрешетки и др.

### **Задачи дисциплины:**

- формирование понимания связи между условиями и методами получения – структурой – и физическими свойствами современных функциональных материалов;
- развитие представлений о наиболее актуальных направлениях исследований в области современных новых материалов электронной техники.

В соответствии с основными видами деятельности инженера-физика задачами дисциплины являются: формирование у студентов представлений о методах получения рассматриваемых новых материалов, о влиянии структуры на свойства и использование полученных ими знаний для получения приборных структур, используемых в различных областях промышленности.

Основные разделы программы курса: Углеродные наноструктуры. Фрактальные материалы и структуры. Аморфные материалы. Нанокристаллические материалы. Материалы с эффектом гигантского магнитосопротивления. Классификация диэлектриков по типам структур.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Новые материалы электронной техники» в структуре ООП ВПО находится в вариативной части образовательной программы. Для освоения дисциплины «Новые материалы электронной техники» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Общая физика
- Квантовая механика
- Термодинамика и статфизика
- Физика конденсированного состояния
- Физические основы электроники

и знания в области математики.

Для освоения данной дисциплины студент должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о методах решения практических задач физики конденсированного состояния на основе современных математических моделей описания физических объектов; владеть фундаментальными понятиями,

законами и теориями современной физики конденсированного состояния, а также методами физического исследования.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понятия «самостоятельная работа студентов», «самоорганизация», «самоконтроль», «самообразование»;</li> <li>• формы, технологии организации самостоятельной работы;</li> <li>• пути достижения образовательных результатов и способы оценки результатов обучения*;</li> <li>• виды, формы контроля успеваемости в вузе</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения;</li> <li>• использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы;</li> <li>• объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• культурой мышления, способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения;</li> <li>• навыками составления результаториентированных планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и внеучебной работы; способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать</li> </ul>

		стремление к самосовершенствованию, познавательную активность.
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</li> <li>• состояние и перспективы научно-технической проблемы технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники.</li> <li>• понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области полупроводниковых материалов</li> <li>• самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знаниями основных положений, законов и методов естественных наук и математики</li> <li>• методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников.</li> </ul>
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в полупроводниках;</li> <li>• современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники,</li> </ul>

	<p>решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>информационных технологий;</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;</li> <li>• самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников, физики систем пониженной размерности;</li> <li>• использовать специализированные знания в области физики полупроводников для освоения профильных физических дисциплин</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• соответствующим физико-математическим аппаратом для выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности</li> </ul>
ПК-3	<p>готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные закономерности формирования конденсированы сред, в том числе полупроводниковых материалов</li> <li>• классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• описывать и качественно объяснять основные состояния в твердом теле;</li> <li>• использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения полупроводников в электронике и наноэлектронике;</li> <li>• выбирать теоретические и экспериментальные методы и</li> </ul>



		<p>средства решения сформулированных задач;</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами количественного формулирования и решения задач в области физики полупроводников;</li> <li>• опытом понимания качества исследований, относящихся к области физики полупроводников;</li> <li>• методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики полупроводников;</li> </ul>
--	--	---

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

##### 4.1. Объем дисциплины

составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часов.

##### 4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<b>Модуль 1.</b>									
1	Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Фуллериты. Фуллериды. Методы получения фуллеренов. Гидрогенизация фуллеренов. Эндоэдральные структуры. Интеркалированные	4		2		3		4	(ДЗ), (С), (РС)

	соединения. Механические и электрические свойства фуллеритов. Зонная структура. Применение фуллеритов в электронике и наноэлектронике. Углеродные нанотрубки. Способы получения.								
2	Фрактальные материалы и структуры. Математические способы описание фрактальных структур. Фрактальная размерность Физические методы определения фрактальной размерности. Математические методы моделирования фрактальных структур. Основы теории перколяции.	4		2		2		5	(ДЗ), (С), (РС)
3	Однослойные и многослойные углеродные нанотрубки. Хиральность. Электрические свойства углеродных нанотрубок. Дефекты в углеродных нанотрубках. Создание гетеропереходов на основе углеродных нанотрубок. Эмиссионные свойства углеродных нанотрубок.	4		2		2		5	(ДЗ), (С), (РС)

	Углеродные нанотрубки как зонды для сканирующих силовых микроскопов.								
4	Фрактальные агрегаты. Методы получения фрактальных материалов и структур электроники и наноэлектроники. Сверхтонкие пленки. Аэрогели. Способы получения. Эмиссионные свойства аэрогелей.	4		2		2		4	(ДЗ), (С), (РС)
<b>Итого по модулю 1:</b>				<b>8</b>		<b>9</b>		<b>18</b>	
<b>Модуль 2</b>									
5	Аморфные материалы. Модели аморфных структур. Функция радиального распределения. Способы получения аморфных металлических сплавов.	4		2		2		5	(ДЗ), (С), (РС)
6	Нанокристаллические материалы. Способы получения. Механические свойства нанокристаллических материалов. Магнитные нанокристаллические материалы.	4		3		2		5	(ДЗ), (С), (РС)
7	Материалы с эффектом гигантского магнитосопротивления. Гранулированные магнитные материалы. Сверхрешетки.	4		2		2		5	(ДЗ), (С), (РС)
8	Классификация диэлектриков по	4		2		2		5	(ДЗ), (С), (РС)

типам структур. Линейные и нелинейные диэлектрики. Активные и пассивные диэлектрики.								
<b>Итого по модулю 2:</b>			<b>9</b>		<b>8</b>		<b>20</b>	
<b>ИТОГО: 72</b>			<b>17</b>		<b>17</b>		<b>38</b>	

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

##### Модуль 1

**Тема 1.** Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Фуллериты. Фуллериды. Методы получения фуллеренов. Гидрогенизация фуллеренов. Эндоэдральные структуры. Интеркалированные соединения. Механические и электрические свойства фуллеритов. Зонная структура. Применение фуллеритов в электронике и нанoeлектронике. Углеродные нанотрубки. Способы получения. Однослойные и многослойные углеродные нанотрубки. Хиральность. Электрические свойства углеродных нанотрубок. Дефекты в углеродных нанотрубках. Создание гетеропереходов на основе углеродных нанотрубок. Эмиссионные свойства углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки как зонды для сканирующих силовых микроскопов.

**Тема 2.** Фрактальные материалы и структуры. Математические способы описание фрактальных структур. Фрактальная размерность Физические методы определения фрактальной размерности. Математические методы моделирования фрактальных структур. Основы теории перколяции. Фрактальные агрегаты. Методы получения фрактальных материалов и структур электроники и нанoeлектроники. Сверхтонкие пленки. Аэрогели. Способы получения. Эмиссионные свойства аэрогелей.

##### Модуль 2

**Тема 3.** Аморфные материалы. Модели аморфных структур. Функция радиального распределения. Способы получения аморфных металлических сплавов. Структурная релаксация. Кристаллизация. Методы контроля процесса кристаллизации в аморфных структурах электроники. Аморфные металлические сплавы. Магнитные свойства аморфных металлических сплавов. Эффект гигантского магнитоимпеданса в аморфных металлических сплавах. Магнитоупругие свойства аморфных металлических сплавов. Линии задержки акустических сигналов. Методы получения нанокристаллических материалов из аморфного состояния.

**Тема 4.** Нанокристаллические материалы. Способы получения. Механические свойства нанокристаллических материалов. Магнитные нанокристаллические материалы. Суперпарамагнетизм. Модель усредненной магнитной анизотропии. Нанокристаллические материалы для магнитной

записи. Минимальный размер бита информации. Перспективы развития высокоплотной магнитной записи информации на магнитных носителях  
 Материалы с эффектом гигантского магнитосопротивления. Гранулированные магнитные материалы. Сверхрешетки. Многослойные гранулированные композиты. Модели ГМС –эффекта в магнитных наноструктурах. Датчики на основе ГМС -эффекта  
 Классификация диэлектриков по типам структур. Линейные и нелинейные диэлектрики. Активные и пассивные диэлектрики.

### Содержание лекционных занятий

модуль	Содержание темы
1.	<b><u>Лекция 1.</u> Углеродные наноструктуры.</b> Фуллерены. Фуллериты. Фуллериды. Методы получения фуллеренов. Эндоэдральные структуры. Углеродные нанотрубки <b><u>Лекция 2.</u> Фрактальные материалы и структуры.</b> Математические способы описание фрактальных структур. Фрактальная размерность Физические методы определения фрактальной размерности. Математические методы моделирования фрактальных структур. Основы теории перколяции.
2.	<b><u>Лекция 3.</u> Аморфные материалы.</b> Модели аморфных структур. Функция радиального распределения. Способы получения аморфных металлических сплавов. <b><u>Лекция 4.</u> Нанокристаллические материалы.</b> Способы получения. Механические свойства нанокристаллических материалов. Магнитные нанокристаллические материалы.

### Лабораторные работы (лабораторный практикум)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Изучение зависимости сопротивления полупроводников от температуры
2	3	Определение ширины запрещенной зоны полупроводника по температурной зависимости электропроводности
3	4	Исследование фотопроводимости в полупроводниках.
4	5	Исследование свойств полупроводниковых материалов методом Холла.
5	5	Исследование температурной зависимости электропроводности в полупроводника

6	5	Исследование температурной зависимости термоэлектродвижущей силы в полупроводниках
7	6	Исследование собственного оптического поглощения в полупроводниках\

### Содержание разделов самостоятельной работы

1. Гидрогенизация фуллеренов.
2. Применение фуллеритов в электронике и наноэлектронике.
3. Углеродные нанотрубки. Способы получения. О
4. Создание гетеропереходов на основе углеродных нанотрубок.
5. Эмиссионные свойства углеродных нанотрубок.
6. Углеродные нанотрубки как зонды для сканирующих силовых микроскопов.
7. Математические методы моделирования фрактальных структур.
8. Методы получения фрактальных материалов и структур электроники и наноэлектроники. Сверхтонкие пленки.
9. Функция радиального распределения. Способы получения аморфных металлических сплавов.
10. Методы контроля процесса кристаллизации в аморфных структурах электроники.
11. Аморфные металлические сплавы. Магнитные свойства аморфных металлических сплавов.
12. Эффект гигантского магнитоимпеданса в аморфных металлических сплавах.
13. Магнитоупругие свойства аморфных металлических сплавов. Линии задержки акустических сигналов. Методы получения нанокристаллических материалов из аморфного состояния.
14. Нанокристаллические материалы. Магнитные нанокристаллические материалы. Суперпарамагнетизм. Модель усредненной магнитной анизотропии.
15. Нанокристаллические материалы для магнитной записи. Минимальный размер бита информации. Перспективы развития высокоплотной магнитной записи информации на магнитных носителях
16. Материалы с эффектом гигантского магнитосопротивления.
17. Гранулированные магнитные материалы.
18. Сверхрешетки.
19. Многослойные гранулированные композиты.
20. Модели ГМС –эффекта в магнитных наноструктурах. Датчики на основе ГМС -эффекта
21. Классификация диэлектриков по типам структур. Линейные и нелинейные диэлектрики.

22. Активные и пассивные диэлектрики. Основные свойства, получение и применение в электронике.
23. Классические диэлектрики
24. Пьезоэлектрики.
25. Пироэлектрики.
26. Сегнетоэлектрики.

## **5. Образовательные технологии**

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

- Информационные технологии.
- Проблемное обучение.
- Индивидуальное обучение.
- Междисциплинарное обучение.
- Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность студентов.

По лекционному материалу подготовлено учебное пособие, конспекты лекций в электронной форме и на бумажном носителе, большая часть теоретического материала излагается с применением слайдов (презентаций) в программе **Power Point**, а также с использованием интерактивных досок.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### ***Промежуточный контроль.***

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

### ***Итоговый контроль.***

Зачет в конце 4 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы,



примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОПК-1 ОПК-2 ПК-3	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах
ОПК-1, ОПК-2, ПК-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• состояние и перспективы научно-технической проблемы технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники;</li> <li>• классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории;</li> <li>• основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в полупроводниках;</li> <li>• современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий;</li> <li>• основные закономерности формирования конденсированы сред, в том числе полупроводниковых материалов</li> </ul>	Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах
ОПК-1, ОПК-2, ПК-3	<b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области полупроводниковых материалов</li> <li>• самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников.</li> <li>• анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения;</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать специализированные знания в области физики полупроводников для освоения профильных физических дисциплин;</li> <li>• описывать и качественно объяснять основные состояния в твердом теле;</li> <li>• использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения полупроводников в электронике и наноэлектронике;</li> <li>• выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;</li> </ul>	
ОПК-1, ОПК-2, ПК-3	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знаниями основных положений, законов и методов естественных наук и математики</li> <li>• методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников;</li> <li>• соответствующим физико-математическим аппаратом для выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности</li> <li>• методами количественного формулирования и решения задач в области физики полупроводников;</li> <li>• опытом понимания качества исследований, относящихся к области физики полупроводников;</li> <li>• методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с</li> </ul>	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.

	проблемами физики полупроводников;.	
--	-------------------------------------	--

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Схема оценки уровня формирования компетенции

### ОК-7 - способностью к самоорганизации и самообразованию

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о самостоятельной работе по предмету, формах организации самостоятельной работы и самоконтроля, путей их достижения, способов оценки результатов обучения	Знаком с методами организации самостоятельной работы и самоконтроля, путями их достижения, а также способами оценки результатов обучения	Показывает знания методов организации самостоятельной работы и самоконтроля, путей их достижения, а также способов оценки результатов обучения	Демонстрирует четкие знания методов и умение организации самостоятельной работы и самоконтроля, показывает готовность к пониманию путей их достижения, а также способов оценки результатов обучения
Базовый	Общее представление о методах анализа и обобщения информации, умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения; использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы	Знаком с методами анализа и обобщения информации, может участвовать в формулировке цели и предлагать пути их достижения	Демонстрирует знание методов анализа и обобщения информации, показывает умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения	Показывает знания методов анализа и обобщения информации, показывает умение сформулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения, готовность использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы

## ОПК-1

способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление об основных положениях, законах и методах естественных наук и математики, представление о научной картине мира	Имеет общее представление о основных положениях, законах и методах естественных наук и математики и о научной картине мира	Демонстрирует знание основных положений, законов и методов естественных наук и математики, и о научной картине мира	Показывает знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики, умеет представлять научную картину мира
Базовый	Умение представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Имеет общее представление о современном состоянии и мировых тенденциях развития естественных наук и математики, имеет представление о научной картине мира	Демонстрирует знание современного состояния и мировых тенденций развития естественных наук и математики, адекватно представляет научную картину мира	Способен систематизировать и обобщать знания о современном состоянии и мировых тенденциях развития естественных наук и математики, умеет грамотно представлять научную картину мира

## ОПК-2

способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

	ать)			
Порогов ый	Общее представление о проблематике, основных закономерностях формирования конденсированных сред, умение привлекать для их решения соответствующий математический аппарат	Имеет общее представление о проблематике физики конденсированного состояния, знаком с физико-математическим аппаратом для решения возникающих проблем	Демонстрирует знание проблематики, знает основные закономерности физики конденсированного состояния, проявляет готовность самостоятельно находить пути их решения	Показывает знания в области физики конденсированного состояния, умение решать типовые задачи, готовность к усвоению нового материала
Базовый	Умение выявлять естественнонаучную сущность проблем конденсированных сред, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Имеет общее представление о природе физики конденсированных сред, обладает навыками применения физико-математического аппарата для решения возникающих проблем	Показывает знания в области физики конденсированного состояния, использовать физико-математический аппарат для решения возникающих проблем	Демонстрирует умение выявлять естественнонаучную сущность проблем конденсированных сред, умение самостоятельно находить методы решения типовых задач

**ПК-3** - готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Порогов ый	Представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций,	Имеет общее представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред	Демонстрирует знание методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред и их представления в виде научных	Демонстрирует навыки применения методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, умение представлять

	презентаций.		отчетов	материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
Базовый	Умение анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств конденсированных сред, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Показывает навыки анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, умение работать с литературными источниками	Способен анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств конденсированных сред и их представления в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Имеет успешный опыт анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценка по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### 7.3.1. Контрольные вопросы

1. Дисперсные системы. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды.
2. Получение наночастиц из пересыщенных паров металлов.
3. Методы нанодиспергирования компактного материала.
4. Кластеры. Классификация нанокластеров и наноструктур. Ван-дер-Ваальсовы кластеры. Молекулярные кластеры металлов.
5. Лигандные и безлигандные кластеры. Методы их получения. Дентатность.
6. Методы стабилизации кластеров.
7. Кластерные соединения металлов. Магические числа. 8. Принцип изолобальной аналогии.
9. Принципы геометрической организации кластеров.
10. Классификация углеродных наноматериалов по признакам: тип гибридизации химических связей, ближний и дальний порядок, дальний порядок и степень дефектности.
11. Наноалмазы. Свойства, методы получения, применение.
12. Углеродные материалы с  $sp^3$ -гибридизацией (алмазы, порошковые материалы на основе алмаза, ультрадисперсный алмаз, алмазоиды).

13. Семейство углеродных материалов с упорядоченным распределением  $sp^2$  - и  $sp^1$  - гибридных химических связей (графит, пирографит, графен).
14. Аморфные углеродные материалы. Области существования различных аморфных материалов на основе треугольник Гиббса.
15. Строение фуллеренов C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub>. Фуллериты. Фуллериды. Диаграммы Шлегеля.
16. Экзо и эндопроизводные фуллерена. Интеркалированные соединения.
17. Полимерные фазы на основе фуллеренов.
18. Одностенные и многостенные углеродные нанотрубки.
19. Строение углеродных нанотрубок. Влияние хиральности нанотрубки на ее свойства.
20. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок.
21. Методы получения и разделения углеродных нанотрубок.
22. Способы создания перехода металл-полупроводник на основе углеродных нанотрубок.
23. Гибридные и эндоэдральные наносистемы на основе углеродных нанотрубок. Легированные углеродные нанотрубки.
24. Получение моно-и полимолекулярных слоёв методом Ленгмюра-Блоджетт.
25. Реконструкция поверхности кристаллов. Строение кластеров металлов на поверхности полупроводников.
26. Атомная сборка и самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния.
27. Решетчатые и молекулярные клатраты. Клатратные кристаллы.
28. Каталитические добавки для газочувствительных сенсоров.
29. Химические размерные эффекты. Спилловер-эффект.
30. Гетерогенный анализ на наночастицах. Модель оборванных связей.
31. Каталитические наночастицы. Влияние подложки на каталитические свойства. Искусственные кластеры для катализа.
32. Магнитные наночастицы: свойства и методы синтеза. Оболочечные наночастицы.
33. Методы получения каталитических наночастиц.

### **7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе**

1. Получение упорядоченных слоистых структур по технологии Ленгмюра-Блоджетт.
2. Атомно-молекулярная сборка.
3. Метод синтеза нанокомпозитов, основанный на химической модификации слоистых двойных гидроксидов (СДГ).
4. Коллоидные частицы золота. Специфические свойства, получение и применение.
5. Эффект суперпарамагнетизма в нанобъектах.



6. Наносистемы из наночастиц. Сенсоры на эффекте гигантского комбинационного рассеяния.
7. Экзо и эндопроизводные фуллерена: методы получения и применение.
8. Методы получения отдельных графеновых плоскостей.
9. Технология получения и методы разделения, стабилизации ультрадисперсных алмазов.
10. Применение пирографита в сканирующей зондовой микроскопии.
11. Методы получения кремниевых квантовых нитей. Рост по механизму Пар- Жидкость-Кристалл.
12. Принц-технология формирования нанотрубок: основные принципы и возможности. Наноспирали, нанокольца, нанопружины.
13. Оболочечные магнитные частицы: условия синтеза, строение, свойства, применение.
14. Методы синтеза и свойства клатратных кристаллов на основе цеолитов.
15. Эффекты сверхпроводимости в клатратных кристаллах.

### 7.3.3. Примеры текстовых заданий для промежуточного контроля

Вопрос № 1 Материаловедение - это наука о ..... 1. строении, свойствах, методах испытания и улучшения материалов 2. всех строительных и конструкционных материалах 3. материалах, применяемых на железнодорожном транспорте

Вопрос № 2 Материалы классифицируются по: 1. признакам их происхождения и способам обработки и назначению 2. назначению и материалу 3. по химическим и физическим свойствам

Вопрос № 3 Тела в которых атомы или молекулы расположены в правильном геометрическом порядке называются.....

Вопрос № 4 Тела, атомы которых расположены беспорядочно называются.....

Вопрос № 5 Испытание материалов с применением разрывных или универсальных машин называется испытанием на ....

Вопрос № 5 Каково общее условие формирования ультрадисперсных металлических частиц методами, основанными на конденсации пара металла?

А) Высокая скорость нуклеации при возможно меньшей скорости роста размеров частиц

Б) Низкая скорость нуклеации при возможно меньшей скорости роста размеров частиц

В) Высокая скорость нуклеации при возможно большей скорости роста размеров частиц

Г) Низкая скорость нуклеации при возможно большей скорости роста размеров частиц

Вопрос № 6. Почему существует необходимость стабилизировать наночастицы?

- А) Для компенсации воздействия силы Кориолиса
- Б) Из-за низкой поверхностной энергии наночастиц
- В) Из-за высокой поверхностной энергии наночастиц
- Г) Такой необходимости не существует

Вопрос № 7 В каком из химических методов синтеза наночастиц их образование происходит без подвода вещества извне, а размер частиц регулируется размером нанореакторов, в которых протекает синтез?

- А) Термолиз металлсодержащих соединений
- Б) Разложение металлсодержащих соединений под действием ультразвука
- В) Синтез в обратных мицеллах
- Г) Золь-гель метод
- Д) Синтез наночастиц на границе раздела фаз вода-воздух

Вопрос № 8. Какие индексы хиральности соответствуют углеродным нанотрубкам типа «зигзаг»?

- А)  $(m, n)$
- Б)  $(n, n)$
- В)  $(n, 0)$
- Г)  $(m, n)$ , где  $n = 2m$

Вопрос № 9. Являются ли углеродные нанотрубки типа «зигзаг» хиральными?

- А) Да
- Б) Нет

Вопрос № 10. Какие индексы хиральности будут соответствовать однослойным углеродным нанотрубкам, обладающим полупроводниковыми свойствами?

- А)  $(n, n)$
- Б)  $(m, n)$ , при условии, что  $m > 2n$
- В)  $(n, 0)$ , если  $n$  кратно трем
- Г) Варианты А, В Д)  $(n, 0)$ , если  $n$  не кратно 3
- Е) Варианты А, Д

Вопрос № 11. Наиболее распространенным методом получения углеродных нанотрубок является метод термического распыления графитовых электродов в плазме дугового разряда. Нанотрубки с каким строением получают таким методом?

- А) Одностенные
- Б) Многостенные
- В) Хиральные
- Г) Нехиральные
- Д) С металлическим типом проводимости
- Е) С полупроводниковым типом проводимости

Ж) В полученном материале будут находиться углеродные нанотрубки с различным строением

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля – 60 % и промежуточного контроля – 40 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов,
- участие на практических занятиях - 25 баллов,
- выполнение лабораторных заданий –,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 5 баллов,
- письменная контрольная работа - 15 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

«51 и выше» баллов – зачет

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

а) основная литература:

1. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике // Под ред. А. Л. Асеева, изд. СО РАН, Новосибирск, 2004.
2. Иванова В.С., Баланкин А.С. и др. Синергетика и фракталы в материаловедении. М.: Наука, 2004.
3. Смирнов Б.М. Физика фрактальных кластеров. М.: Наука, 2001.
4. Ковнеристый Ю.К., Осипов Э.К. и др. Физико-химические основы создания аморфных металлических сплавов. М.: Наука, 1993.
5. Хандрих К., Кобе С. Аморфные ферро- и ферримагнетики. М.: Мир, 2002
6. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника : учеб. пособие. – Красноярск : – ИПЦ КГТУ, 2006. – 178 с.
7. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы./ Под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.-552с

б) дополнительная литература:

1. Ман Л.И., Малининский Ю.А., Семилетов С.А. Кристаллография. 1990. Т.35, вып.35, вып.4.
2. Бубнов В.П., Краинский И.С., Лаухина Е.Э., Ягубский Э.В. Изв. Акад. наук. Серия химическая. 1998. №5. С.805.
3. Бражкин В.В. и др. Письма в ЖЭТФ 1995. Т.62.
4. Гуляев Ю.В. и др. Микроэлектроника. 1997. Т.26.

## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
9. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

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

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Вид учебных	Организация деятельности студента
-------------	-----------------------------------

занятий	
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.