



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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ.

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа  
**11.04.04- Электроника и наноэлектроника**

Профили подготовки:  
**Физика полупроводников и диэлектриков**  
**Физическая электроника**

Уровень высшего образования:  
**Магистратура**

Форма обучения:  
**Очная**

Статус дисциплины:  
**Вариативная**

Махачкала 2016

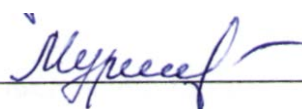
Рабочая программа дисциплины составлена в 2016 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника** профиль подготовки физика полупроводников и диэлектриков (уровень магистратура) от 30.10.2014 г. № 1407.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Нурмагомедов Ш.А., к.ф.-м.н., доцент

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.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Элементы и приборы нанoeлектроники» входит в базовую часть образовательной программы магистратуры по направлению 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими и технологическими основами нанoeлектроники, в том числе принципы функционирования и характеристики нанoeлектронных устройств на базе квантово-размерных структур: резонансно-туннельных, одноэлектронных и спинтронных приборов. Основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике. Анализируются физические свойства наноструктур и особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификация. Даются представления о возможностях технологической и конструктивной реализации создания элементов нанoeлектроники. Анализируются методы квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав нанoeлектроники.

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); способностью учитывать современные тенденции развития нанoeлектроники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности (ОПК-7);

**профессиональных:** способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы (ПК-6);

ПК-18 - способность собирать, анализировать и систематизировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по тематике исследования в области электроники и нанoeлектроники;

ПК-19 - способность строить простейшие физические и математические модели приборов нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

ПК-20 - способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств нанoeлектроники различного функционального назначения.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические 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	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всег о	из них						
Лекции		Лабораторн. занятия	Практич. занятия	КСР	Консул.			
1	72	10		16			46	зачет

## 1. Цели освоения дисциплины

**Цель изучения дисциплины** «Элементы и приборы нанoeлектроники»: подготовить студента к решению типовых задач, связанных с проектной, научно-исследовательской и производственно – технологической деятельностью и опирающихся на современные достижения нанотехнологий в области разработки и создания изделий нанoeлектроники для микро- и наносистемной техники и микропроцессоров, приемников и излучателей на основе квантово-размерных структур, бионаносенсоров и биомикросхем. дать представление о методах формирования нанoeлектронных структурах; обучить законам физики низкоразмерных полупроводниковых структур, физических и технологических основ нанoeлектроники, в том числе принципов функционирования и характеристики нанoeлектронных устройств на базе квантово-размерных структур: резонансно-туннельных, одноэлектронных, спинтронных приборов и электронных устройств на сверхпроводниках.

**Задачами дисциплины** является изучение основных тенденций развития нанoeлектроники в России и зарубежом; изучить физические основы нанoeлектроники, связанные с физическими свойствами мезо- и наноскопических систем, квантово-размерными эффектами в квантовых наноструктурах и свехрешетках, процессами переноса носителей заряда в

низкоразмерных структурах; изучить технологические основы нанoeлектроники, связанные с применением современных технологических методов создания наноструктур и приборов нанoeлектроники; изучить принципы работы и особенности реализации элементов и приборов нанoeлектроники; уметь анализировать исходные данные для расчета и проектирования нанoeлектронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.

**Основные разделы программы курса:** физические основы нанoeлектроники, материалы нанoeлектроники, полупроводниковые приборы гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе, нанoeлектронные приборы на основе квантово-размерных структур, нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов, нанотранзисторные структуры на основе новых материалов, основы одноeлектроники, технология создания наноматериалов и наноструктур.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.**

Дисциплина «Элементы и приборы нанoeлектроники» в структуре ООП ВПО находится в цикле профессиональных дисциплин (базовая часть). Для освоения дисциплины «Элементы и приборы нанoeлектроники» требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

- Физика полупроводников.
- Квантовая физика.
- Основы статистической физики.
- Кристаллофизика.
- Основы зондовой микроскопии.
- Физика конденсированного состояния.
- Материалы электронной техники.
- Физические основы eлектроники.
- Теоретические основы eлектротехники.
- Eлектроника и схемотехника.
- Компьютерные технологии в науке и образовании

Студенты, обучающиеся по данному курсу должны знать: основные факты из истории возникновения и развития вакуумной eлектроники, микро- и нанoeлектроники, роль отечественной науки в развитии мировой eлектроники; основы технологии изготовления изделий микро- и нанoeлектроники, основы зондовых нанотехнологий и технологий самосборки; основы квантовой, статистической физики и кристаллофизики,

физики конденсированного состояния и биофизики; физические основы твердотельной электроники и электронного материаловедения.

Требования к входным знаниям совпадают с требованиями к освоению предшествующих профессиональных дисциплин: «Квантовая физика», «Основы статистической физики», «Кристаллофизика», «Основы зондовой микроскопии», «Физика конденсированного состояния», «Физические основы электроники », «Материалы электронной техники».

### 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-</li> </ul>

		исследовательской и внеучебной работы; способами самоконтроля, самоанализа, продемонстрировать 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 разработки 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 современного материаловедения</li> <li>• создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.</li> </ul>
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современный уровень развития электроники;</li> </ul>

ПК-6	<p>электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности</p> <p>и</p> <p>способностью разрабатывать проектную техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• технические характеристики и области использования измерительной и вычислительной техники;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пользоваться измерительной и вычислительной техникой в своей профессиональной деятельности.</li> <li>• пользоваться современными достижениями электроники, измерительной и вычислительной техники при проектировании электронной компонентной базы.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами системного анализа влияния инноваций на процесс проектирования.</li> </ul> <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы расчета конструкций элементов интегральных схем;</li> <li>• конструктивные ограничения при проектировании ИС;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• разрабатывать технические условия на проектирование электронной компонентной базы;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами и приемами разработки топологии тонкопленочных и толстопленочных ГИС.</li> </ul>
ПК-18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способность собирать, анализировать и систематизировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по тематике исследования в области электроники и наноэлектроники;</li> </ul>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;</li> <li>• особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах наноэлектроники, их классификацию;</li> <li>• физические основы технологии производства изделий наноэлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и</li> </ul>
ПК-19	<ul style="list-style-type: none"> <li>• способность</li> </ul>	



ПК-20	<p>строить простейшие физические и математические модели приборов наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств наноэлектроники различного функционального назначения.</li> </ul>	<p>миниатюризации электронной компонентной базы.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах наноэлектроники;</li> <li>• обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах наноэлектроники;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области наноэлектроники;</li> <li>• методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и наноэлектроники;</li> <li>• сведениями о технологии изготовления материалов и элементов наноэлектроники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.</li> </ul>
-------	--	---

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

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. ТЕОРИТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МАТЕРИАЛЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ									
1	Размерные зависимости свойств наноматериалов. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Элементы низкоразмерных структур. Физико-химия наноструктурных материалов.	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)
2	Процессы переноса в наноструктурах. Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннего электрического поля. Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля.	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)
3	Радиационная стойкость кристаллов с квантовыми точками. Свойство наночастиц и	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)

	материалов с наночастицами.								
4	Полупроводниковые квантовые наноструктуры. Углеродные наноматериалы. Полимерные материалы. Органические проводники и полупроводники. Магнитные полупроводники. Пленки поверхностно-активных веществ	1		1	1			4	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 1:</i>			4	4			16	
<b>Модуль 2. ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ</b>									
1	Полупроводниковые приборы гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе. Наноэлектронные приборы на основе квантово-размерных структур.	1		2	2			9	(ДЗ), (С), (РС)
2	Нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов. Нанотранзисторные структуры на основе новых материалов.	1		2	4			9	(ДЗ), (С), (РС)
3	Основы одноэлектроники.	1		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
4.	Технология создания наноматериалов и наноструктур.							8	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 2:</i>			6	8			30	
	<b>ИТОГО:</b>			10	16			46	

#### **4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).**

##### ***Модуль 1. Теоретические основы и материалы нанoeлектроники.***

##### **Тема 1. Теоретические основы нанoeлектроники.**

Размерные зависимости свойств наноматериалов. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Элементы низкоразмерных структур. Физико-химия наноструктурных материалов. Процессы переноса в наноструктурах. Структуры с квантовым ограничением за счет внутреннего электрического поля. Структуры с квантовым ограничением за счет внешнего электрического поля. Радиационная стойкость кристаллов с квантовыми точками. Свойство наночастиц и материалов с наночастицами. Свойства двумерных и одномерных структур наноматериалов.

##### **Тема 2. Материалы нанoeлектроники.**

Полупроводниковые квантовые наноструктуры. Углеродные наноматериалы. Полимерные материалы. Органические проводники и полупроводники. Магнитные полупроводники. Пленки поверхностно-активных веществ.

##### ***Модуль 2. Технология ИМС.***

##### **Тема 3. Элементы и приборы нанoeлектроники.**

Полупроводниковые приборы гомо- и гетероструктуры и приборы на их основе. Нанoeлектронные приборы на основе квантово-размерных структур. Нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов. Нанотранзисторные структуры на основе новых материалов. Основы одноэлектроники. Электронные устройства на наноструктурах. Спинтронные устройства. Оптоэлектронные устройства на наноструктурах. Базовые логические элементы квантовых компьютеров. Нанодатчики.

##### **Тема 4. Технология создания наноматериалов и наноструктур.**

Физико-химия получения наноструктурных материалов. Гетерогенные процессы формирования наноструктур. Синтез проводящих и полупроводниковых соединений. Технология создания квантовых точек и нитей. Технология самоорганизации структур. Основные технологические методы создания углеродных наноструктур. Нанолитография: электронно-лучевая фотография (ЭЛЛ), ионно-лучевая литография (ИЛЛ), нанопечать, перьевая нанолитография. Саморегулирующиеся процессы: самосборка, самоорганизация на поверхности материала и в объёме, самоорганизация при эпитаксии, осаждение пленок Лэнгмюра-Блоджетт.

## Темы практических и семинарских занятий

Раздел	Темы практических (семинарских) занятий
<b>Модуль 1. Тема 1</b>	- Физические свойства мезо- и наноскопических систем. – Квантово-размерные эффекты. – Квантовые наноструктуры и свехрешетки. – Процессы переноса в наноструктурах.
<b>Тема 2</b>	- Нанoeлектронные приборы на основе квантово-размерных структур. – Нанотранзисторные структуры на основе традиционных материалов. – Нанотранзисторные структуры на основе новых материалов.
<b>Тема 3</b>	- Гетерогенные процессы формирования наноструктур. - Технология создания квантовых точек и нитей
<b>Модуль 2. Тема 1</b>	- Расчет характеристических длин в мезоскопических системах
<b>Тема 2</b>	- Изучение энергетической структуры квантово-размерных объектов
<b>Тема 3</b>	- Изучение физических принципов работы элементов и приборов нанoeлектроники

### 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 «Элементы и приборы нанoeлектроники» 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 контролируемые модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета ), 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 1 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 ОПК-7 ПК-6	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;</li><li>• состояние и перспективы научно-технической проблемы разработки технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной</li></ul>	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах



	<p>техники.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий.</li> <li>• методы расчета конструкций элементов интегральных схем;</li> <li>• конструктивные ограничения при проектировании ИС;</li> </ul>	
ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-6	<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>• создавать и анализировать на основе физических законов и их следствий теоретические модели явлений природы, получить навыки использования в практике важнейших физических измерительных приборов и приемов.</li> <li>• пользоваться измерительной и вычислительной техникой в своей профессиональной деятельности.</li> <li>• пользоваться современными достижениями электроники, измерительной и вычислительной техники при проектировании элементов и приборов нанoeлектроники.</li> <li>• разрабатывать технические условия на проектирование элементов и приборов нанoeлектроники.</li> </ul>	<p>Письменный опрос, контрольные задания, проверка рефератов, выступление на семинарах</p>
ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-6	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности.</li> <li>• методами системного анализа влияния инноваций на процесс проектирования элементов и приборов нанoeлектроники.</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.</p>

<p>ПК-18, ПК-19, ПК-20.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания;</li> <li>- особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах нанoeлектроники, их классификацию;</li> <li>- физические основы технологии производства изделий нанoeлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать пределы применимости классического подхода, роль и важность квантовых эффектов при описании физических процессов в элементах нанoeлектроники;</li> <li>- обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах нанoeлектроники;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области нанoeлектроники;</li> <li>- методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и нанoeлектроники;</li> <li>- сведениями о технологии изготовления материалов и элементов нанoeлектроники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.</li> </ul>	<p>Устный опрос, письменный опрос, тестирование, выступление на семинарах, студенческая конференция.</p>
---------------------------------	---	--

**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	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	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, 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	Общее представление о современном состоянии и мировых тенденциях	Имеет общее представление о современном состоянии и мировых тенденциях	Демонстрирует знание современного состояния и мировых тенденциях	Показывает знания современного состояния и мировых тенденциях

	развития микроэлектроники и умение на этой основе грамотно представить научную картину мира	развития микроэлектроники	развития микроэлектроники	развития микроэлектроники, грамотно представляет 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
Пороговый	Общее представление о проблематике, основных закономерностях формирования и развития микроэлектроники.	Имеет общее представление о проблематике, физических закономерностях формирования и развития микроэлектроники	Демонстрирует знание проблематики, знает основные закономерности проектирования ЭКБ.	Показывает знания в области проектирования ЭКБ, умение решать типовые задачи, готовность к усвоению нового материала

**ПК-6** - способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о проектной и технической документации в	Имеет общее представление о проектной и технической	Демонстрирует знание методов анализа,	Демонстрирует способности разработки

	области проектирования полупроводниковых и интегральных микросхем.	документации по законченным конструкторским работам проектирования ИМС и ГИМС.	систематизации, обобщения проектно-технической документации по законченным конструкторским работам проектирования ИМС и ГИМС.	проектной и технической документации, может оформлять законченные проектно-конструкторские работы по проектированию интегральных полупроводниковых и гибридных микросхем.
--	--	--	---	---

**ПК-18** - способность собирать, анализировать и систематизировать отечественную и зарубежную научно-техническую информацию по тематике исследования в области электроники и нанoeлектроники.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление об общих понятиях и структуре элементов и приборов нанoeлектроники.	Имеет общее представление о проблематике, основных закономерностях формирования и развития элементов и приборов нанoeлектроники.	Демонстрирует знание методов анализа, систематизации, обобщения проектно-технической документации по законченным конструкторским работам проектирования и производства элементов и	Демонстрирует способности разработки проектной и технической документации, может оформлять законченные проектно-конструкторские работы по проектированию и производств

			приборов наноэлектрон ики.	у элементов и приборов наноэлектро ники.
--	--	--	----------------------------------	---

**ПК-19** - способность строить простейшие физические и математические модели приборов наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о простейших физических и математических моделях приборов наноэлектроники различного функционального назначения.	Имеет общее представление о простейших физических и математических моделях приборов наноэлектроники различного функционального назначения, а также об стандартных программных средствах их компьютерного моделирования.	Демонстрирует знание по простейшим физическим и математическим моделям приборов наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.	Демонстрирует способности строить простейшие физические и математические модели приборов наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования.

**ПК-20** - способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования

параметров и характеристик приборов, схем, устройств нанoeлектроники различного функционального назначения.

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о методике экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств нанoeлектроники различного функционального назначения.	Имеет общее представление о выборе и реализации на практике методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств нанoeлектроники различного функционального назначения.	Демонстрирует знание по выбору и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств нанoeлектроники различного функционального назначения.	Демонстрирует способности аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств нанoeлектроники различного функционального назначения.

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

### **7.3. Типовые контрольные задания**

#### **Примерные темы для докладов студентов на семинарских занятиях**

1. Основные тенденции развития наноэлектроники в России и за рубежом.
2. Физические свойства мезо- и наноскопических систем.
3. Квантово-размерные эффекты.
4. Квантовые наноструктуры и свехрешетки.
5. Процессы переноса носителей заряда в низкоразмерных структурах.
6. Технологические основы наноэлектроники.
7. Электронные устройства на наноструктурах.
8. Спинтронные устройства.
9. Оптоэлектронные устройства на наноструктурах.
10. Базовые логические элементы квантовых компьютеров.
11. Нанодатчики.

#### **Рекомендации к последовательности выполнения реферата.**

1. Изучение проблемы по материалам, доступным в Интернете:
2. Согласовать название сообщения.
3. Написать тезисы реферата по теме.
4. Выразить, чем интересна выбранная тема в наши дни.
5. Подготовить презентацию по выбранной теме.
6. Сделать сообщение на мини-конференции.

#### **Пример тестовых заданий для промежуточного контроля**

##### **Список контрольных вопросов по дисциплине**

1. Основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике.
2. Момент импульса и спин.
3. Магнитный резонанс.
4. Туннельный переход через потенциальный барьер.
5. Квантовые потенциальные ямы.
6. Интерференционные эффекты в наноструктурах.
7. Элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах.
8. Сверхрешетки.



9. Плотность энергетических состояний в низкоразмерных структурах.
10. Одноэлектроника.
11. Физические основы спинтроники.
12. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов.
13. Свойства двумерных структур.
14. Свойства одномерных структур и материалов.
15. Свойства углеродных наноструктур.
16. Свойства наночастиц и материалов с наночастицами.
17. Методы диагностики нанообъектов.
18. . Эпитаксиальные методы создания тонких пленок и гетероструктур.
19. Технология создания квантовых точек и нитей.
20. Основные технологические методы создания углеродных наноматериалов.
21. Методы зондового сканирования.
22. Нанолитография.
23. Электрические гомо- и гетеропереходы.
24. Туннельные диоды.
25. Биполярные транзисторы.
26. Полевые транзисторы.
27. Резонансно-туннельные приборы.
28. Одноэлектронные приборы.
29. Спинтронные приборы.
30. Полупроводниковые фотоприборы.
31. Полупроводниковые инжекционные лазеры и светодиоды.
32. Физико-химия получения наноструктурных материалов.
33. Гетерогенные процессы формирования наноструктур.
34. Синтез проводящих и полупроводниковых соединений.
35. Технология создания квантовых точек и нитей.
36. Технология самоорганизации структур.
37. Основные технологические методы создания углеродных структур.
38. Нанолитография.
39. Электронные устройства на наноструктурах.
40. Спинтронные устройства.
41. Оптоэлектронные устройства на наноструктурах.
42. Базовые логические элементы квантовых компьютеров.
43. Нанодатчики.
44. Физические основы нанобиоэлектроники.
45. Жидкостные транзисторы.

46. Ячейки памяти.
47. Логические элементы.
48. Электропроводные свойства ДНК.
49. Приборы на основе биоэлектроники.
50. Физические основы зондовой нанотехнологии.
51. Методы исследования поверхности.
52. Методы диагностики нанообъектов.
53. Методы изучения свойств наноматериалов.

#### **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 домашних (аудиторных) контрольных работ - 25 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

#### **Критерии оценок на курсовых зачетах.**

В билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры.

Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

#### **Критерии оценок следующие:**

- **100 баллов** – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности.

- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разьяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.

- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.

- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.

- **60 баллов** – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.

- **40 баллов** – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.

- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.

- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.

- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

«0 – 50» баллов – неудовлетворительно

«51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо

«86 - 100» баллов – отлично

«51 и выше» баллов – зачет

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

**а) основная литература:**

1. Нанoeлектроника / Щука А. А., Издательство: Физматкнига, 2007г.

2. Нанoeлектроника/ Щука А.А., Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012г.

3. Наноматериалы. Учебное пособие / Рыжонков Д.И. Левина В.В., Дзидзигури Э., Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010г.

4. Кремний - материал нанoeлектроники / Герасименко Н. Н, Пархоменко Ю. Н, Издательство: Техносфера, 2007г.

5. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства. Учебное пособие / Шишкин ГГ., Агеев ИМ., Издательство: БИНОМ. ЛЗ, 2011г.
6. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2010. 336 с.
7. Джексон Р. Новейшие датчики/ Пер. с англ. М.: Техносфера. 2007. 384 с.
8. Барыбин А.А. Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники М.: Физматлит, 2011. 784 с.

**б) дополнительная литература:**

1. Нанoeлектроника: учебное пособие / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
2. Нанотехнологии для микро - и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес - Дуарт, Р. Дж. Мартин - Палма, Ф. Агулло - Руеда ; пер. с англ. А. В. Хачояна ; под ред. Е. Б. Якимова. - М. : Техносфера, 2007.
3. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. Учебное пособие для вузов. Т. 1 Физико-химические основы технологии микроэлектроники / Чистяков Ю.Д., Райнова Ю. П., Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010г.
4. Зебрев Г.И. Физические основы кремниевой нанoeлектроники М.: Бином, 2011. 240 с.

Интернет ресурсы:

1. [www.elsevierscience.ru](http://www.elsevierscience.ru)
2. [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
3. [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)
4. [www.nisrussia.ru](http://www.nisrussia.ru)
5. [www.springerlink.cjm.journalsis](http://www.springerlink.cjm.journalsis)
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

## **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.fero.ru](http://www.fero.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.

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Организация деятельности студента</b>
<i><b>Лекция</b></i>	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.
<i><b>Практические занятия</b></i>	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.
<i><b>Реферат</b></i>	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.
<i><b>Подготовка к зачету</b></i>	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 магистров, 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.

Составитель: **Айтукаев А. Д., кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры экспериментальной физики ДГУ.**