



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

Кафедра инженерной физики

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Кафедра инженерной физики физического факультета

Образовательная программа бакалавриата
11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) программы:
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения
очная

Статус дисциплины:
Входит в обязательную часть

Махачкала
2022

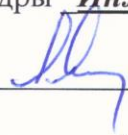
Рабочая программа дисциплины «**Наноэлектроника**» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника** от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями №1456 от 26.11.2020 г., 8 февраля 2021 г. №83).

Разработчик: кафедра «Инженерная физика»,

к.ф.-м.н., доцент Нурмагомедов Ш.А. 

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры «Инженерная физика» от « 22 » _03_ 2022 г., протокол № _7_

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии «физического» факультета от « 23 » 03 2022 г., протокол № 7.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 30 » _03_ 2022 г.

Нач. УМУ  Гасангаджиева А.Г.

Содержание

Аннотация рабочей программы дисциплины	4
1. Цели и задачи изучения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	5
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	10
4.1. Объем дисциплины	10
4.2. Структура дисциплины.	10
5. Образовательные технологии	14
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	15
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.	16
7.1. Типовые контрольные задания.....	16
7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	18
8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.	18
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	19
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	19
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.	20
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	21

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Нанoeлектроника» входит в базовую часть образовательной программы *бакалавриата* по направлению **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с получением нанoeлектронных материалов и устройств, изучением свойств устройств нанoeлектроники и особенностями их получения и применения этого класса материалов в устройствах электроники. Изучение принципиально новых классов наноматериалов, таких как, например, фуллерены и нанотрубки должны помочь будущим инженерам ориентироваться в выборе принципиально новых материалов электронной техники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих *общепрофессиональных* - **ОПК-1, ОПК-2**, профессиональных – **ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-3.1, ПК-3.2**

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольной работы, тестирования, устного опроса, коллоквиума и пр*)и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 4 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия								Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числе экзамен		
		всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР		консультации	
6	144	56	28		28			88	экзамен

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Целью преподавания наноэлектроники является

- Изучение основных физических принципов, лежащих в основе функционирования приборов наноэлектроники..
- Формирование навыков анализа наиболее важных свойств наноструктур на основе полупроводников, металлов, диэлектриков и магнитоупорядоченных материалов и физических явлений в них.
- Обучение решению задач, актуальных для современной наноэлектроники.

Главная цель данного курса - ознакомить студентов с современными наноэлектронными устройствами, подготовить их к самостоятельному проектированию электронных схем, необходимых в научно-исследовательской работе, к дальнейшему углублению и расширению научно-технического образования с помощью специальной литературы.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Наноэлектроника» относится к базовой части профессионального цикла дисциплин. Предварительно должны быть обязательно изучены такие дисциплины как «Физика», «Физика твердого тела», «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Материалы электронной техники», «Твердотельная электроника».

Основные положения дисциплины могут быть использованы в дальнейшем при изучении дисциплин: «Квантовая и оптическая электроника», «Тонкопленочная электроника».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Анализирует и обрабатывает научно-техническую информацию по естественным наукам и математике для решения поставленной инженерной задачи	Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности Умеет: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта Владеет: - навыками критического анализа научно-технической литературы в сфере профессиональной деятельности	Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов. Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю
	ОПК-1.2. Использует положения, законы и методы естественных наук и математики для реше-	Знает: - основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности Умеет:	

	ния поставленной инженерной задачи	- применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.	ОПК-2.1. Планирует экспериментальные исследования для решения поставленной задачи	Знает: - методы планирования эксперимента для решения поставленной задачи Умеет: - рассматривать возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки Владеет: - навыками формулировать в рамках поставленной цели совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение.	Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов. Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю
	ОПК-2.2. Самостоятельно проводит экспериментальные исследования, использует основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	Знает: - основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации - основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Умеет: - выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования - использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Владеет: - проведения экспериментальных исследований для решения поставленных инженерных задач - способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений	
ПК-1 Способен совершенствовать процессы измерения параметров	ПК-1.2. Способен проводить исследования по модернизации существующих и	Знает: - углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур;	Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов.

ров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур	внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур	- назначение, устройство и принцип действия оборудования для измерения параметров наноматериалов и наноструктур; - основные методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - технический английский язык в области наноматериалов и нанотехнологий; - требования системы экологического менеджмента и системы менеджмента производственной безопасности и здоровья. Умеет: - оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования измерения параметров наноматериалов и наноструктур; - работать на измерительном оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией; - обеспечивать выполнение требований охраны труда; - оформлять технологическую документацию. Владеет: - навыками анализировать современное состояние методов и оборудования измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - навыками оценивать риски внедрения новых методов и оборудования измерений параметров наноматериалов и наноструктур; - навыками внедрить и контролировать качества новых методов измерения параметров наноматериалов и наноструктур.	Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю
	ПК-1.3. Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования	Знает: - назначение, устройство и принцип действия оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур; - основные методы модификации свойств наноматериалов и наноструктур; - правила оформления технологической документации;	

	для модификации свойств наноматериалов и наноструктур	- <i>технический английский язык в области наноматериалов и нанотехнологий;</i> Умеет: -оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур; -проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур. Владеет: - навыками анализировать современное состояние методов и оборудования модификации свойств наноматериалов и наноструктур; -оценивать риски внедрения новых методов и оборудования для модификации свойств наноструктур; -разрабатывать технические задания на проведение работ по модернизации оборудования и обеспечение новых модификации свойств наноматериалов и наноструктур; - навыками внедрить и контролировать качества новых методов для модификации свойств наноматериалов и наноструктур	
ПК-3. Способен разработать комплект конструкторской и технической документации на изделия «система в корпусе»	ПК-3.1. Способен разработать технические описания на отдельные блоки и систему в целом	Знает: - аналоговую и цифровую схемотехнику, схемотехнику импульсных схем, схемы смешанного сигнала; - электронную компонентную базу производства изделий "систем в корпусе" и микросборок; - требования к оформлению технологической документации для изготовления опытного образца изделий "система в корпусе" и микросборок; - программные продукты для разработки технических описаний и конструкторской документации;	Устный опрос. Письменный опрос (тестирование) Проверка рефератов. Выступление на семинарах. Промежуточный контроль по модулю

		- основные этапы проектирования и технологии изготовления изделий "система в корпусе" и микросборок; -технический английский язык в области микро- и наноэлектроники; Умеет: - анализировать требования технического задания на разработку изделий "система в корпусе" и микросборок; - оформлять техническую документацию на проектирование и конструирование изделий "система в корпусе" и микросборок; - разрабатывать структурные и функциональные схемы на основе электрической схемы; - составлять описание схем и технических условий эксплуатации; - пользоваться специальным программным обеспечением для разработки технических описаний и конструкторской документации на изделия "система в корпусе". Владеет: - опытом разработки технических описаний структурной схемы, электрической схемы, технических условий функционирования отдельных блоков; - навыками обосновать выбор электронных компонентов для отдельных блоков изделий "система в корпусе"; - опытом описания отдельных компонентов блоков, их характеристик и технических условий эксплуатации; - навыками разработки функциональных схем отдельных блоков изделий "система в корпусе"; - навыками разработки описания структурной схемы и технических условий функционирования изделий "система в корпусе"	
	ПК-3.2.	Знает:	

	Способен раз- работать под- готовить функциональ- ного описания, инструкции по типовому ис- пользованию и назначению из- делий "система в корпусе"	-общие правила составления ин- струкций для пользователей изде- лий "система в корпусе" и микро- сборок; - техника и электроника в кото- рой применяются изделия "си- стема в корпусе" и микросборки; -аналоговая и цифровая схемотех- ника, схемотехника импульсных схем, схемы смешанного сигнала; - технологические процессы мон- тажа элементов на кристалл и применяемые для этого матери- алы; - физико-химические свойства ма- териалов, применяемых в микро- электронике; - технический английский язык в области микро- и наноэлектро- ники; Умеет: - разрабатывать нормативно- техническую документацию для "систем в корпусе" и микросбо- рок; - определять экологическую при- годность выпускаемой продукции. Владеет: - навыками разработки описания типовых функций, выполняемых при изготовлении изделий "си- стема в корпусе"; - навыками разработки типовых схем включения изделий "система в корпусе"; - навыками разработки инструкций для пользователей изделий "система в кор- пусе".	
--	---	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя се-	Виды учебной ра- боты, включая само- стоятельную работу студентов и трудоем- кость (в часах)	Самостоя- тельная ра-	Формы текущего контроля успевае- мости (по неделям семестра)
----------	------------------------------	---------	------------	--	--------------------------	---

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль		Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
	Модуль 1 Физические основы нанoeлектроники.								
1.	Основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике.	6		2	2			4	Домашнее задание (ДЗ), Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
2.	Туннельный переход через потенциальный барьер. Квантовые потенциальные ямы	6		4	4			8	(ДЗ), (С), (РС)
3.	Интерференционные эффекты в наноструктурах и физические свойства наноматериалов	6		2	2			8	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 1:</i>			8	8			20	
	Модуль 2. Технология создания наноматериалов и наноструктур и методы их диагностики.								
4.	Методы диагностики нанобъектов	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
5.	Эпитаксиальные методы создания тонких пленок и гетероструктур	6		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
6.	Методы зондового сканирования.	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
7.	Нанолитография	6		2	2			4	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 2:</i>			8	8			20	
	Модуль 3. Нанoeлектронные приборы								
8.	Электрические гомо- и гетеропереходы	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
9.	Биполярные транзисторы	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
10.	Полевые транзисторы	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
11.	Резонансно-туннельные приборы.	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
12.	Одноэлектронные и спинтронные приборы.	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
13.	Полупроводниковые фотоприборы.	6		2	2			2	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 3:</i>			12	12			12	
	Модуль 4. Экзамен								

14.	Подготовка к экзамену							36	
	<i>Итого по модулю 4:</i>							36	
	ИТОГО:			28	28		36	52	

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

4.3.1. Содержание лекционных занятий

Модули	Содержание темы
Модуль 1 Физические основы нанoeлектроники.	<u>Лекция 1.</u> История развития электроники и современное состояние нанoeлектроники. Основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике. Момент импульса и спин. Магнитный резонанс. <u>Лекция 2-3.</u> Туннельный переход через потенциальный барьер. Квантовые потенциальные ямы. Квантовые потенциальные ямы. Элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах. Сверхрешетки. Плотность энергетических состояний в низкоразмерных структурах. Одноэлектроника. Физические основы спинтроники. <u>Лекция 4.</u> Интерференционные эффекты в наноструктурах. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Свойства двумерных структур. Свойства одномерных структур и материалов. Свойства углеродных наноструктур. Свойства наночастиц и материалов с наночастицами.
Модуль 2 Технология создания наноматериалов и наноструктур и методы их диагностики.	<u>Лекция 5.</u> Общие методы диагностики нанообъектов. Микроскопия. Атомно-силовая и туннельно-сканирующая микроскопия. <u>Лекция 6.</u> Эпитаксиальные методы создания тонких пленок и гетероструктур Молекулярно-пучковая эпитаксия. <u>Лекция 7.</u> Методы зондового сканирования. Технология создания квантовых точек и нитей. Основные технологические методы создания углеродных наноматериалов. Методы зондового сканирования. <u>Лекция 8.</u> Нанолитография
Модуль 3. Нанoeлектронные приборы	<u>Лекция 9.</u> Электрические гомо- и гетеропереходы. Электрические гомо- и гетеропереходы. Физические процессы в электронно-дырочных переходах в равновесном и неравновесном состоянии. Электрическая модель р-п-перехода. Переходы металл-полупроводник. Гетеропереходы. <u>Лекция 10.</u> Биполярные транзисторы Устройство транзисторов. Физические процессы в биполярном транзисторе. Нанотранзисторы. НЕМТ-транзисторы. Биполярные гетеротранзисторы. <u>Лекция 11.</u> Полевые транзисторы Полевые транзисторы. МДП-транзисторы и их работа. Общие принципы управления проводимостью канала в полевых транзисторах. полевые гетеротранзисторы и наногетеротранзисторы <u>Лекция 12.</u> Резонансно-туннельные приборы. Приборы на основе резонансного туннелирования: резонансно-туннельный диод. Резонансно-туннельный транзистор на горячих электронах; транзисторные структуры в виде управляемых затвором резонансно-туннельных диодов; логические элементы на резонансно-туннельных приборах, принцип работы базового резонансно-туннельного

	элемента, обеспечивающего переход из моностабильного в бистабильное состояние Лекция 13. Одноэлектронные и спинтронные приборы. Приборы на одноэлектронном туннелировании: одноэлектронный транзистор, структура и эквивалентная схема одноэлектронного транзистора. Логические элементы на одноэлектронных транзисторах. Элементы спинотроники. Спиновой транзистор Джонсона. Спин-полевые транзисторы. Лекция 14. Полупроводниковые фотоприборы. Общие характеристики полупроводниковых фотоприборов. Фотодиоды. Фотоприемники на наноразмерных гетероструктурах. Полупроводниковые инжекционные лазеры и светодиоды.
--	--

4.3.2. Темы практических и семинарских занятий

№	Тема	Час
1.	Технологические основы создания элементов микроэлектроники. Процессы литографии, легирования и травления.	2
2.	Туннельный переход через потенциальный барьер. Квантовые потенциальные ямы.	2
3.	Интерференционные эффекты в наноструктурах.	2
4.	Общие методы диагностики нанобъектов.	2
5.	Микроскопия. Атомно-силовая и туннельно-сканирующая микроскопия.	2
6.	Эпитаксиальные методы создания тонких пленок и гетероструктур. Спин и	2
7.	Нанолитография.	2
8.	Электрические гомо- и гетеропереходы.	2
9.	Гетеропереходы. Туннельные диоды.	2
10.	Биполярные транзисторы и нанотранзисторы.	2
11.	Полевые транзисторы. НЕМТ-транзисторы.	2
12.	Приборы на основе резонансного туннелирования:	2
13.	Одноэлектронные и спинтронные приборы.	2
14.	Полупроводниковые фотоприборы. Полупроводниковые инжекционные лазеры и светодиоды.	
	ИТОГО	28

4.3.3. Содержание разделов самостоятельной работы

№	Содержание тем	Кол-во часов
1.	Основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике. История развития электроники и современное состояние нанoeлектроники. Положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике. Момент импульса и спин. Магнитный резонанс. Туннельный переход через потенциальный барьер. Квантовые потенциальные ямы. Элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах. Сверхрешетки.	20

2.	Технология создания наноматериалов и наноструктур и методы их диагностики Общие методы диагностики нанообъектов. Микроскопия. Атомно-силовая и туннельно-сканирующая микроскопия. Эпитаксиальные методы создания тонких пленок и гетероструктур. Молекулярно-пучковая эпитаксия. Технология создания квантовых точек и нитей. Основные технологические методы создания углеродных наноматериалов. Методы зондового сканирования. Нанолитография. .	20
3.	Нанoeлектронные приборы Электрические гомо- и гетеропереходы. Физические процессы в электронно-дырочных переходах в равновесном и неравновесном состоянии. Электрическая модель р-п-перехода. Переходы металл-полупроводник. Гетеропереходы. Туннельные диоды. Биполярные транзисторы. Устройство транзисторов. Физические процессы в биполярном транзисторе. Нанотранзисторы. НЕМТ-транзисторы. Биполярные гетеротранзисторы. Полевые транзисторы. МДП-транзисторы и их работа. Общие принципы управления проводимостью канала в полевых транзисторах. полевые гетеротранзисторы и наногетеротранзисторы. Приборы на основе резонансного туннелирования;; логические элементы на резонансно-туннельных приборах, принцип работы базового резонансно-туннельного элемента, обеспечивающего переход из моностабильного в бистабильное состояние. Приборы на одноэлектронном туннелировании: одноэлектронный транзистор, структура и эквивалентная схема одноэлектронного транзистора, характеристики одноэлектронных транзисторов (кулоновские осцилляции и характеристики кулоновской блокады).	12
4.	ИТОГО	52

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, лабораторные занятия, семинарские занятия, 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 компетентностного 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 **PowerPoint**, 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.

Самостоятельная работа студентов имеет целью подготовку к семинарским и практическим занятиям по отдельным разделам дисциплины, а также к выполнению лабораторных работ по предмету. Разделы дисциплины для самостоятельной работы приведены в п. 4.3.3.

В течение семестра студенты самостоятельно готовятся по отдельным разделам дисциплины, представляют рефераты и презентации, обсуждают выбранные темы на практических занятиях.

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.

Экзамен в конце 6 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.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг студента по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

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

7.1. Типовые контрольные задания

Примерные темы рефератов для студентов

1. Тенденции создания нанотранзистора.
2. Основные пути развития кремниевой элементной базы.
3. Туннелирование носителей заряда через потенциальные барьеры
4. Полупроводниковые сверхрешетки
5. Сверхрешётки полупроводник-диэлектрик
6. Упругое и неупругое сотуннелирование.
7. Одноэлектронный турникет и генератор накачки
8. Генераторы на одноэлектронных транзисторах
9. Основные преимущества и недостатки одноэлектронных приборов по сравнению с известными биполярными и полевыми полупроводниковыми транзисторами.
10. Транзисторные структуры в виде управляемых затвором резонансно-туннельных диодов
11. Логические элементы на резонансно-туннельных приборах
12. Принцип работы базового резонансно-туннельного элемента, обеспечивающего переход из моностабильного в бистабильное состояние.
13. Полевой транзистор на отраженных электронах
14. Полевой транзистор на преломлённых электронах
15. Энергонезависимая память на гигантском магнитосопротивлении
16. Энергонезависимая память на спин-зависимом туннелировании

Контрольные вопросы по курсу "Нанoeлектроники"

1. Что такое размерные эффекты?
2. Чем отличаются классические и квантовые размерные эффекты?
3. Каковы условия наблюдения квантовых размерных эффектов?
4. Что такое наноструктура?
5. Какие приборы можно отнести к категории нанoeлектронных приборов?
6. Как выглядит энергетический спектр электрона в однородном 3D-пространстве?
7. Какие квантовые числа характеризуют стационарные состояния электрона в однородном 3D-пространстве? Укажите вид его волновых функций.
8. Как изменится энергетический спектр электрона в случае ограничения его движения в одном, двух и трех направлениях?
9. Какие квантовые числа характеризуют состояния электрона в 2D-, 1D-, 0D-системах? Укажите примерный вид волновых функций в координатном представлении.
10. Что такое туннельный эффект?
11. Как выглядит энергетический спектр и волновые функции электрона в системе из двух туннельно-связанных квантовых ям?
12. Нарисуйте энергетический спектр системы из периодически чередующихся потенциальных ям.
13. Что такое блоховские волновые функции и как они изменяются при трансляции на произвольный вектор прямой решетки?
14. Что такое зона Бриллюэна и какие квантовые числа характеризуют состояния электрона в 1D-, 2D-, 3D-решетках?
15. Что такое резонансное туннелирование в системах с потенциальными барьерами?

16. Что такое плотность энергетических состояний и какова её размерность?
17. Изобразите плотность состояний как функцию энергии в 3D-, 2D-, 1D-, 0D-системах.
18. Что такое локальная плотность состояний?
19. Каков физический смысл распределения Ферми-Дирака?
20. Что такое одночастичный спектр возбуждений в многочастичной системе в приближении Хартри?
21. Изобразите возможные типы полупроводниковых гетероструктур.
22. Что такое k -теория возмущений и эффективный k -гамильтониан для гетероструктуры?
23. Как выглядит уравнение Шредингера для электрона и дырки в наногетероструктуре в приближении эффективной массы в k -представлении?
24. Как выглядит уравнение Шредингера для электрона и дырки в наногетероструктуре в приближении эффективной массы в узельном представлении?
25. Как выглядит уравнение Шредингера для электрона и дырки в наногетероструктуре в приближении эффективной массы в x -представлении?
26. Какие граничные условия накладываются на огибающую волновую функцию в x -представлении на гетерогранице?
27. Запишите выражение для локальной плотности состояний в кристалле.
28. Что такое усредненная по элементарной ячейке плотность состояний в кристалле?
29. Что такое усредненная по элементарной ячейке плотность состояний в наногетероструктуре?
30. Запишите выражение, определяющее пространственное распределение носителей заряда в наногетероструктуре.
31. Для чего необходимо самосогласованное решение уравнений Шредингера и Пуассона?
32. Как рассчитать профиль концентрации носителей заряда и распределение потенциала в наногетероструктуре, легированной донорами?
33. Как рассчитать профиль концентрации носителей заряда и распределение потенциала в наногетероструктуре, легированной акцепторами?
34. Как определяется матричный элемент для оптических переходов в полупроводниковых гетероструктурах?
35. Напишите формулу, связывающую вероятность оптических переходов в единицу времени с матричным элементом.
36. Что такое межзонные оптические переходы?
37. Что такое внутризонные оптические переходы?
38. Что такое 2D-, 1D-, 0D-экситоны?

Экзаменационные вопросы по курсу «Нанoeлектроника»

1. Методы нанесения тонких пленок.
2. Процессы литографии. Маски. Совмещение и самосовмещение.
3. Методы нанесения металлических пленок
4. Процессы легирования. Диффузия и механизмы диффузии в п.п.
5. Процессы травления в нанотехнологии.
6. Ограничение движения электронов при нанoeлектронных размерах.
7. Современные тенденции миниатюризации элементов интегральных схем.
8. Тенденции развития нанoeлектроники.
9. Квантование энергии в потенциальных ямах.
10. Движение электрона над потенциальной ямой.

11. Интерференционные явления в наноструктурах.
12. Возникновение ОПЗ в инверсионных слоях кремния.
13. Влияние магнитного поля на квантование энергии
14. Эффект Аронова-Бома
15. Гигантское магнетосопротивление в наноструктурах.
16. Квантовый эффект Холла
17. Дробный квантовый эффект Холла
18. Кулоновская блокада
19. Спинотроника. Приборные структуры спинтроники
20. Практическая реализация одноэлектронных приборов.
21. Квантование энергии электронов в инверсионном слое кремния.
22. Туннелирование через двухбарьерную структуру с квантовой ямой.
23. Одноэлектронные приборные структуры.
24. Спиновая ячейка памяти.
25. Баллистическое движение носителей заряда в наноструктурах.
26. Молекулярно-лучевая эпитаксия в нанотехнологии.
27. Электронно-лучевая и рентгеновская литографии.
28. Квантовые точки и линии. Условие их возникновения.
29. Методы исследования структур наноэлектроники.
30. Атомно-силовая микроскопия
31. Сканирующая туннельная микроскопия.
32. НЕМТ-транзисторы, их назначение и работа.
33. Сверхрешетки в наноэлектронике.
34. Структуры МДП.

7.2. 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.

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шишкин Г. Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие / Г. Г. Шишкин, И. М. Агеев. — 2-е изд. (эл.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 408 с. : ил.
2. Борисенко, В. Е. Наноэлектроника : учеб. пособие для студентов вузов по специальностям "Микро- и наноэлектронные технологии и системы" и "Квантовые информ. системы" / Борисенко, Виктор Евгеньевич, А. И. Воробьева. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. - 223 с. : ил. - (Нанотехнология). - Допущено МО РБ. - ISBN 978-5-94774-914-4 : 202-40

3. Дробот, П.Н. Нанoeлектроника : учебное пособие / П.Н. Дробот ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : ТУСУР, 2016. - 286 с. : ил.,табл., схем. <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480771>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

4. Троян П.Е., Сахаров Ю.В. Нанoeлектроника : учебное пособие / - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. - 88 с. ; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208663>
5. Раскин А. А.,Прокофьева В. К.. Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлению подгот. 210100 "Электроника и микроэлектроника". Ч.1 / - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. - 163,[1] с. : ил. - Рекомендовано УМО вузов РФ.
6. Барыбин, А.А. Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро, и нанoeлектроники : учебное пособие / под общ. ред. А.А. Барыбина. - Москва : Физматлит, 2011. - 783 с. : ил., схем., табл. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=457643

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

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Интернет ресурсы:

1. Электронный каталог НБ ДГУ[Электронный ресурс]: /Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>.
2. ЭБСIPRbooks:<http://www.iprbookshop.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru.
4. Электронной библиотека на <http://elibrary.ru>.
5. Moodle[Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг.гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru>.
7. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета<http://edu.icc.dgu.ru>
8. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
9. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
10. **Springer.** <http://link.springer.com>, <http://materials.springer.com/>
11. **Scopus:** <https://www.scopus.com>
12. **WebofScience:** webofknowledge.com
13. www.nanotech.ru

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 занятий	Организация деятельности студента
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 и к экзамену	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 инженерной 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.