



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет
Кафедра инженерной физики

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

Кафедра инженерной физики физического факультета

Образовательная программа бакалавриата
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) программы
Микроэлектроника и твердотельная электроника

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
**Входит в часть, формируемую участниками образовательных
отношений**

Махачкала, 2022 г

Рабочая программа дисциплины «Введение в физику полупроводников» 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 инженерной физики, д.ф.м.н., профессор Садыков С.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.  Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы

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

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Введение в физику полупроводников» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (Дисциплины по выбору) основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины включает круг вопросов, связанных с физическими процессами, протекающими в полупроводниках, являющихся основными материалами элементов и приборов электроники и наноэлектроники.

Дисциплина нацелена на формирование следующих **профессиональных** компетенций выпускника:

ПК-1.2. Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур;

ПК-1.3. Способен проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур.

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

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

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, 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	из них						
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
4	72	32	16	16				40	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Введение в физику полупроводников» является формирование на раннем этапе специализации знаний о физических свойствах, процессах и явлениях в полупроводниках, как базовых материалов современной электроники и нанoeлектроники.

Задачами дисциплины является изучение основных разделов физики полупроводников: электронная структура и свойства, кинетические и оптические явления в полупроводниках и полупроводниковых структурах.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Введение в физику полупроводников» в структуре ОПОП входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений. Основные разделы программы курса: основы зонной теории твердого тела, статистика равновесных и неравновесных носителей заряда, кинетические и оптические явления в полупроводниках.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин: физика, математический анализ, дифференциальные уравнения.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Введение в физику полупроводников» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении последующих учебных дисциплин, прохождении практик, при выполнении выпускной квалификационной работы, государственной итоговой аттестации и в дальнейшей трудовой деятельности.

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

Код и наименование профессиональной компетенции	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ПК-1.2.	Способен проводить исследование по модернизации существующих и внедрению новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур	Знает: - углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении 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	Контроль выполнения индивидуального задания

		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.	
ПК 1.3.	Способен проводить исследование по модернизации существующих и внедрению новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур	Знает: - основные методы модификации свойств полупроводниковых наноматериалов и наноструктур; - аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводников; Умеет: -оценивать технические риски при выборе методов и оборудования для модификации свойств полупроводниковых материалов; - проводить исследования по модернизации существующих и внедрению новых процессов и приборов для модификации свойств полупроводниковых материалов. Владеет: -методами экспериментальных исследований параметров и характеристик полупроводников с применением современных приборов и устройств;	Письменный опрос (тестирование) Проверка отчетов лабораторных работ. Промежуточный контроль по модулю

		- навыками анализировать и внедрить новые методы для модификации свойств полупроводников.	
--	--	---	--

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 трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторн ые занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1.								
1	Введение. Элементы зонной теории полупроводников.	4		4				8	Опрос на занятиях. Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система
2	Равновесные и неравновесные электроны и дырки в полупроводниках.	4		4		8		12	Опрос на занятиях. Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система
	Итого по модулю 1:36			8		8		20	
	Модуль 2								
3	Кинетические явления в полупроводниках	4		4		4		12	Опрос на занятиях. Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система
4	Оптические явления в полупроводниках	4		4		4		8	Опрос на занятиях. Отчет по лабораторной работе. Тест. Рейтинговая система

1	Итого по модулю 2: 36			8		8		20	
	ИТОГО:			16		16		40	

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

Модуль 1

Тема 1. Введение. Элементы зонной теории полупроводников.

Основные понятия физики полупроводниковых материалов. Основы зонной теории строения полупроводников. Волновая функция электрона в периодическом поле, зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Квазиимпульс. Эффективная масса носителей заряда. Примеры зонной структуры полупроводников.

Тема 2. Равновесные и неравновесные электроны и дырки в полупроводниках.

Примесный полупроводник. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках - элементарная картина химических связей. Собственный полупроводник. Плотности состояний электронов и дырок. Равновесные электроны и дырки в полупроводниках. Положение уровня Ферми и равновесные концентрации электронов и дырок в собственном и примесном полупроводнике. Неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Механизмы рекомбинации. Время жизни неравновесных электронов и дырок, квазиуровни Ферми. Механизмы рекомбинации. Центры захвата и рекомбинационные ловушки.

Модуль 2

Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках

Элементарная теория электропроводности полупроводников. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Эффект Холла. Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле. Разогрев носителей заряда. Эффект Ганна. Эффект Зинера.

Тема 4. Оптические явления в полупроводниках

Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Собственное поглощение. Форма края собственного поглощения в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения. Примесное и межпримесное поглощение. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Люминесценция.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

Модули	Содержание темы
Модуль 1	Лекция 1. Основные понятия физики полупроводниковых материалов. Основы зонной теории строения полупроводников. Энергетические зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Лекция 2. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Квазиимпульс. Эффективная масса носителей заряда. Примеры зонной структуры полупроводников. Лекция 3. Собственные и примесные полупроводники. Плотности состояний

	электронов и дырок. Равновесная концентрация электронов и дырок. Положение уровня Ферми в собственном и примесном полупроводнике. Лекция 4. Неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Механизмы рекомбинации. Время жизни неравновесных электронов и дырок, квазиуровни Ферми. Механизмы рекомбинации. Центры захвата и рекомбинационные ловушки.
Модуль 2	Лекция 5. Элементарная теория электропроводности полупроводников. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности. Зависимость подвижности носителей заряда от температуры. Лекция 6. Эффект Холла. Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле. Разогрев носителей заряда. Эффект Ганна. Эффект Зинера. Лекция 7. Основные механизмы поглощения света в полупроводниках. Собственное поглощение. Форма края собственного поглощения в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения. Примесное и межпримесное поглощение. Лекция 8. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Люминесценция.

4.3.2. Содержание лабораторных занятий

Выполнение лабораторных работ, обработки результатов измерений, редактирования схем, изображений и чертежей с использованием современных программных средств OriginGraph, MathCad, MicrosoftVisio, LabView.

Модули	Содержание темы
	6 - семестр
Модуль 1.	<u>Лабораторная работа 1. – 4 ч</u> Исследование температурной зависимости электропроводности полупроводников. <u>Лабораторная работа 2. – 4 ч</u> Определение ширины запрещенной зоны полупроводника.
Модуль 2.	<u>Лабораторная работа 3. – 4 ч</u> Исследование свойств полупроводниковых материалов методом Холла. <u>Лабораторная работа 5. – 4 ч</u> Исследование собственного оптического поглощения в полупроводниках.

4.3.3. Содержание разделов самостоятельной работы

№	Содержание темы	Кол.час.
1.	Введение. Элементы зонной теории полупроводников.	8

	Основные понятия физики полупроводниковых материалов. Основы зонной теории строения полупроводников. Волновая функция электрона в периодическом поле, зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Квазиимпульс. Эффективная масса носителей заряда. Примеры зонной структуры полупроводников.	
2.	Равновесные и неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Плотности состояний электронов и дырок. Равновесные электроны и дырки в полупроводниках. Расчет и построение температурных зависимостей концентрации и электропроводности. Расчет и построение температурной зависимости положения уровня Ферми. Расчет избыточной концентрации неравновесных носителей заряда. Механизмы рекомбинации. Центры захвата и рекомбинационные ловушки.	12
3.	Кинетические явления в полупроводниках Уравнение непрерывности. Температурная зависимость электропроводности полупроводников. Измерение концентрации и подвижности носителей заряда методом Холла. Магниторезистивный эффект. Эффекты Ганна и Зинера.	12
4.	Оптические явления в полупроводниках Механизмы поглощения света в полупроводниках. Определение ширины запрещенной зоны по краю собственного поглощения. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Люминесценция.	8

5. Образовательные технологии

Технология процесса обучения по дисциплине «Введение в физику полупроводников» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

- аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения, лабораторные работы);
- самостоятельная работа студентов;
- контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончании.

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы. В учебный процесс будут внедрены современные образовательные технологии, такие как: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм, проблемное обучение, обучение на основе опыта, индивидуальное обучение, междисциплинарное обучение, опережающая самостоятельная работа, технология кейс-метода, технология «Three-learning» и другие. Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплин и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность магистров.

Образовательные технологии будут реализованы, как правило, с применением компьютерных и технических средств, учебного, научного и производственного

оборудования, с физическим моделированием и проведением экспериментов.

Аудиторные занятия будут проводиться в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения. Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала. Эффективность применения интерактивных форм обучения обеспечивается реализацией следующих условий:

- нахождение проблемной формулировки темы занятий, заданий, вопросов;
- мониторинг личностных особенностей и профессиональной направленности студентов;
- оценка результата совместной деятельности.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса к конкретной дисциплине в общеобразовательном, общекультурном и профессиональном плане;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучающихся;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации.

В случае наличия среди обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются следующие адаптивные образовательные технологии:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать пособия, выполненные шрифтом Брайля, крупноформатные наглядные материалы и аудиофайлы;
- обязательное звуковое сопровождение демонстрационного или иллюстративного материала для лиц с ограниченными возможностями по слуху;
- создание условий для организации коллективных занятий в студенческих группах, где инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью оказывалась бы помощь для получения информации;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа призвана способствовать:

- углублению и расширению знаний в области силовой электроники;
- овладению приёмами процесса познания;
- формированию интереса к познавательной деятельности;
- развитию познавательных способностей.

Самостоятельная работа будет 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.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- проработка пройденных лекционных материалов;
- проработка дополнительных тем, не вошедших в лекционный материал, но обязательных согласно учебной программе дисциплины;
- самостоятельно решение сформулированных задач по основным разделам курса;

- изучение обязательной и дополнительной литературы;
- написание рефератов по отдельным разделам дисциплины;
- подготовка к зачету.

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

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, 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 представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

7.1. Типовые контрольные задания

- Каковы различия в зонной структуре металлов, полупроводников и диэлектриков? Эффективная масса электрона в кристалле. Ее физический смысл.
- Как экспериментальным образом можно определить эффективные массы носителей заряда?
- Каковы определения дефектов-доноров и дефектов-акцепторов?
- Чем отличается распределение носителей заряда по состояниям в разрешенных зонах и на примесных уровнях?
- Основные закономерности зонной структуры реальных полупроводников. Т
- Какие носители заряда в полупроводниках называются равновесными?
- Понятие о собственном и примесном полупроводниках.
- Дайте определение функции плотности состояний для электронов и дырок.
- Дайте графическую иллюстрацию выражений для концентраций электронов и дырок в случае вырожденного и невырожденного полупроводника
- Где расположен уровень Ферми в энергетическом спектре собственного полупроводника?
- В чем отличие уровня Ферми в полупроводниках от энергии Ферми в металлах?
- Что собой представляет энергетический спектр электронов в полупроводнике?
- Запишите формулу для концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике.
- Как экспериментально найти ширину запрещенной зоны в невырожденном полупроводнике?
- Запишите и поясните условие электронейтральности в примесном полупроводнике.
- Может ли примесный полупроводник обладать собственной проводимостью? Каково условие вырождения полупроводника при введении в него примесей.
- Понятие о подвижности носителей. Электропроводность полупроводника.
- Зависимость подвижности и электропроводности от температуры.
- Рассеяние носителей заряда в полупроводниках. Основные механизмы рассеяния.
- Эффект Холла в твердых телах. Как отклоняются электроны и дырки?
- Какие параметры полупроводника можно определить с помощью эффекта Холла?
- Какие явления и эффекты приводят к повышению концентрации носителей заряда в полупроводниках в сильных электрических полях.?

- Какие явления и эффекты связаны с увеличением подвижности носителей заряда в полупроводниках в сильных электрических полях?
- Что такое ударная ионизация, электростатическая ионизация, эффект Зинера?
- Что такое спектр поглощения? Виды оптического поглощения в полупроводниках.
- В чем состоит физический смысл прямозонных и непрямозонных электронных переходов в энергетическом спектре полупроводников?
- Форма края собственного поглощения при прямых переходах.
- Форма края собственного поглощения при непрямых переходах.
- Какую информацию можно получить из исследований спектров собственного поглощения?
- Какую информацию можно получить из исследований спектров примесного поглощения?
- Что такое люминесценция? Виды люминесценции в твердом теле.
- Механизмы излучательной рекомбинации.

7.2. Примерные тестовые задания

- 1. В соответствии с зонной теорией твердые тела относятся к полупроводникам, если:**
 - 1) последняя зона, в которой есть электроны, заполнена частично
 - 2) валентная зона заполнена электронами полностью, но она перекрывается со следующей разрешенной зоной, не занятой электронами
 - 3) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 5-6$ эВ) запрещенной зоной
 - 4) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 2-3$ эВ) запрещенной зоной
 - 5) валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны узкой ($< 2-3$ эВ) запрещенной зоной
- 2. Эффективные массы носителей заряда можно определить из экспериментов по:**
 - 1) циклотронному резонансу
 - 2) температурной зависимости электропроводности
 - 3) температурной зависимости подвижности
 - 4) эффекту Холла
 - 5) термомагнитным явлениям.
- 3. Знание компонент m_{ij}^* тензора эффективной массы позволяет описать движение электрона в кристалле как движение свободной частицы с массой m_{ij}^* :**
 - 1) только во внешних электрических полях
 - 2) только во внешних магнитных полях
 - 3) в одном только электрическом поле решетки
 - 4) во внешних электрических и магнитных полях
 - 5) во внешних полях при одновременном действии периодического поля решетки
- 4. Какое из следующих утверждений верно:**
 - А) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем больше концентрация свободных носителей заряда.

В) вырождение примесного полупроводника наступает тем раньше, чем ниже температура (при данной концентрации) и чем меньше эффективная масса носителей заряда.

- 1) верно только А
- 2) верно только В
- 3) верны оба утверждения
- 4) оба утверждения неверны.

5. Концентрация электронов и дырок в собственном полупроводнике:

- 1) зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 2) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 3) зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 4) не зависит от положения уровня Ферми и уменьшается с ростом температуры по экспоненциальному закону
- 5) не зависит от положения уровня Ферми и растет с ростом температуры по линейному закону

6. Дырочный полупроводник невырожден, если:

- 1) уровень Ферми лежит в валентной зоне ниже потолка валентной зоны на $5 kT$
- 2) уровень Ферми расположен в зоне проводимости выше дна зоны проводимости по крайней мере на $5 kT$
- 3) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне ниже дна зоны проводимости не менее чем на kT
- 4) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне выше потолка валентной зоны не менее чем на kT
- 5) уровень Ферми лежит в середине запрещенной зоны.

7. Основным методом измерения концентрации носителей и определении их знака в случае примесной проводимости является:

- 1) эффект Холла
- 2) измерение термоэдс
- 3) измерения проводимости и подвижности носителей
- 4) измерения температурной зависимости примесной проводимости
- 5) измерения красной границы фотопроводимости

8. Рекомбинацией называется любой процесс, приводящий к переходу электрона:

- 1) в зону проводимости
- 2) из зоны проводимости в состояние, локализованное вблизи примеси или дефекта
- 3) с примесного уровня в незанятое электронами состояние в валентной зоне
- 4) на более высокие уровни энергии (в зону проводимости или запрещенную зону)
- 5) из зоны проводимости в валентную зону с заполнением какого-либо дырочного состояния, в результате чего происходит исчезновение электрона и дырки

7.3. 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 - 15 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 25 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 10 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

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

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. Шалимова К. В. Физика полупроводников. - М.: Лань, 2010. СПб:Лань, 2010. – 703 С. – 62 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009, 335 С. – 20 (в научной библиотеке ДГУ).
3. Кардона П. Ю. Основы физики полупроводников. - М.: Физматлит, 2002, 560 С. – свободный доступ: <https://nashol.com/2013091973570/osnovi-fizikipoluprovodnikov-kardona-m-peter-u-2002.html>

б) дополнительная литература:

1. Пасынков В.В., Чиркин Л.К.. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие – СПб.: Лань, 2009, 479 С. – 24 (в научной библиотеке ДГУ).
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника. Изд-во « Техносфера», 2005, 406 С. – 1 (в научной библиотеке ДГУ).

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

Интернет ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) IPRbooks (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г.
2. Лицензионное соглашение № 6984/20 на использование адаптированных технологий ЭБС IPRbooks (www.iprbookshop.ru) для лиц с ОВЗ от 02.10.2020.
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотекаонлайн»www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. 537наименований.
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЛАНЬ <https://e.lanbook.com/>. Договор №СЭБ НВ-278 на электронно-библиотечную систему ЛАНЬ от 20.10.2020 г. Срок действия договора со 20.10.2020 г. по 31.12.2023г.
5. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>. Лицензионное соглашение № 844 от 01.08.2014 г. Срок действия соглашения с 01.08.2014 г. без ограничения срока.
6. Национальная электронная библиотека №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке от 1 августа 2016 г. Срок действия договора с 01.08.2016 г. без ограничения срока.

7. Scopus издательства Elsevier B.V. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2022 г. <https://www.scopus.com>
8. Международное издательство SpringerNature. Коллекция журналов, книг и баз данных издательства SpringerNature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства SpringerNature в 2022 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
9. Журналы Royal Society of Chemistry. База данных RSC DATABASE издательства Royal Society of Chemistry Письмо РФФИ от 20.10.2020 г. № 1196
о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Royal Society of Chemistry в 2022 г. <http://pubs.rsc.org/>
10. Электронный каталог НБДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит. поступающих в фонд НБДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>.
11. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru>.
12. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.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; пометить 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

	<i>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>
<i>Подготовка к зачету</i>	<i>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.</i>

Для проведения лабораторного практикума по дисциплине созданы условия для максимально самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ. К выполнению лабораторного практикума допускаются только студенты, сдавшие допуск по технике безопасности, о чем делается запись в соответствующем журнале. Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных.

В начале каждого лабораторного занятия преподаватель проводит экспресс-опрос (устно или в тестовой форме) по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы, и плану выполнения лабораторных работ. После выполнения лабораторной работы студент обязан сдать отчет о проделанной работе и ответить на контрольные вопросы. По всем работам практикума имеются описания, в состав которых входят теоретический материал, практические задания и описание хода выполнения работы и отчета по ней. Описание работ лабораторного практикума приведено в литературе, указанной в рабочей программе дисциплины.

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 нанoeлектроника», позволяет готовить магистров, отвечающих требованиям ФГОСВО. 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, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

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