



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа

11.03.04- Электроника и наноэлектроника

Профили подготовки:

Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения:

Очная

Статус дисциплины:

Вариативная

Махачкала 2017


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

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

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «31» марта 2017г., протокол № 8

Зав. кафедрой —  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «31» марта 2017г., протокол № 7.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«3» апреля 2017г.  Гасангаджиева А.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы	4
1. Цели освоения дисциплины.....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры.....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	9
5. Образовательные технологии.....	18
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов...	19
7. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	20
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.....	21
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.....	22
7.3. Типовые контрольные задания.....	25
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	32
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	33
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	34
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....	35
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	36
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	36

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Введение в физику полупроводников» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проблемами современной физики полупроводников и физического материаловедения.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

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

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

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

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

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

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

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
4	72	17	17			2	38	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Введение в физику полупроводников» - дать базовые знания по физике полупроводников, необходимые как для понимания физических процессов, протекающих в полупроводниках, так и для понимания явлений, изучаемых в других курсах по специальности.

Задачами дисциплины является изучение основных принципов и законов физики полупроводников. В курсе «Введение в физику полупроводников» будут рассмотрены статистика равновесных электронов и дырок в полупроводниках и неравновесные носители заряда, что необходимо для понимания многих электрических, фотоэлектрических и оптических явлений в полупроводниках.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

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

- Общая физика
- Математический анализ
- Дифференциальные уравнения

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>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понятия «самостоятельная работа студентов», «самоорганизация», «самоконтроль», «самообразование»; • формы, технологии организации самостоятельной работы; • пути достижения образовательных результатов и способы оценки результатов обучения*; • виды, формы контроля успеваемости в вузе <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • системно анализировать, обобщать информацию, формулировать цели и самостоятельно находить пути их достижения;

		<ul style="list-style-type: none"> использовать в образовательном процессе разнообразные ресурсы; объективно оценивать знания обучающихся на основе тестирования <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> культурой мышления, способностью к анализу, обобщению информации, постановке целей и выбору путей их достижения; навыками составления результаториентированных планов-графиков выполнения различных видов учебной, научно-исследовательской и внеучебной работы; способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию, познавательную активность.
ОПК-1	<p>способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; состояние и перспективы научно-технической проблемы технологических процессов производства материалов и изделий электронной и микросистемной техники. понимание современных тенденций развития материаловедения, электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области полупроводниковых материалов самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу,

		<p>связанную с проблемами физики полупроводников.</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знаниями основных положений, законов и методов естественных наук и математики • методологией теоретических и экспериментальных исследований в области физики полупроводников.
ОПК-2	<p>способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в полупроводниках; • современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • анализировать, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию в области современного материаловедения; • самостоятельно изучать и понимать специальную научную и методическую литературу, связанную с проблемами физики полупроводников, физики систем пониженной размерности; • использовать специализированные знания в области физики полупроводников для освоения профильных физических дисциплин <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • соответствующим физико-математическим аппаратом для выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности
ПК-3	готовностью	Знать:

	<p>анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • основные закономерности формирования конденсированы сред, в том числе полупроводниковых материалов • классификацию твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • описывать и качественно объяснять основные состояния в твердом теле; • использовать информационные источники для получения новых знаний о свойствах и области применения полупроводников в электронике и нанoeлектронике; • выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами количественного формулирования и решения задач в области физики полупроводников; • опытом понимания качества исследований, относящихся к области физики полупроводников; • методами самостоятельного изучения и анализа специальной научной и методической литературы, связанной с проблемами физики полупроводников;
--	---	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **4** зачетных единиц, **144** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя <small>самостоятельно</small>	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной
-------	---------------------------	---------	--------------------------------------	--	------------------------	---

				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		аттестации (по семестрам)
	Модуль 1.								
1	Роль полупроводников в современной физике и технике. Основные понятия физики полупроводниковых материалов.	4		2		4		6	Домашнее задание (ДЗ) Собеседование (С) Рейтинговая система (РС)
2	Элементы зонной теории полупроводников.	4		3				6	(ДЗ), (С), (РС)
3	Равновесные электроны и дырки в полупроводниках.	4		4		4		6	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 1:</i>			9		8		18	
	Модуль 2.								
1	Неравновесные электроны и дырки.	4		3		3		6	(ДЗ), (С), (РС)
2	Кинетические явления в полупроводниках.	4		3		2		6	(ДЗ), (С), (РС)
3	Оптические явления в полупроводниках.	4		2		4		8	(ДЗ), (С), (РС)
	<i>Итого по модулю 2:</i>			8		9		20	
	ИТОГО:			17		17		38	

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

Модуль 1

1. Основные понятия физики полупроводниковых материалов.

Роль полупроводников в современной физике и технике. Вещества, относящиеся к полупроводникам. Особенности их кристаллической структуры и характер химической связи. Основные особенности электрических свойств полупроводников. Влияние примесей. Основы практического использования полупроводников. Качественная картина явлений переноса в полупроводниках. Понятие о дырках. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках - элементарная картина химических связей. Водородоподобная модель примесных центров.

2. Элементы зонной теории полупроводников (идеальная решетка).

Основные предположения зонной теории. Волновая функция электрона в периодическом поле, зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Основные различия между металлами, полупроводниками и диэлектриками с точки

зрения зонной теории. Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Характер дисперсионных зависимостей $E(k)$ и эффективные массы электронов и дырок. Форма изоэнергетических поверхностей. Учет анизотропии кристаллических решеток. Примеры зонной структуры полупроводников.

3 Равновесные электроны и дырки в полупроводниках.

Статистика электронов в полупроводниках. Уровень электрохимического потенциала. Плотности состояний электронов и дырок. Концентрация электронов и дырок в случае собственной и примесной проводимости (невыврожденный случай). Вычисление положения уровня Ферми и равновесных концентраций электронов и дырок в собственном и примесном полупроводнике.

Модуль 2

4 Неравновесные электроны и дырки.

Неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Механизмы рекомбинации. Время жизни неравновесных электронов и дырок, уравнение непрерывности, фотопроводимость, квазиуровни Ферми.

5 Кинетические явления в полупроводниках.

Электропроводность, эффект Холла, влияние магнитного поля, градиента температуры. Время свободного пробега.

6 Оптические явления в полупроводниках.

Прямые и непрямые полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Люминесценция.

Содержание лекционных занятий

Модули	Содержание темы
Модуль 1	
1. Основные понятия физики полупроводниковых материалов.	<u>Лекция 1.</u> Основные особенности электрических свойств полупроводников. Понятие о дырках. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках - элементарная картина химических связей. Водородоподобная модель примесных центров.
2. Элементы зонной теории полупроводников.	<u>Лекция 2.</u> Основные предположения зонной теории. Основные различия между металлами, полупроводниками и диэлектриками с точки зрения зонной теории. Особенности энергетического спектра электронов в

<p>3. Равновесные электроны и дырки в полупроводниках.</p>	<p>полупроводниках.</p> <p><u>Лекция 3.</u> Особенности энергетического спектра электронов в полупроводниках. Примеры зонной структуры полупроводников.</p> <p><u>Лекция 4.</u> Статистика электронов в полупроводниках. Концентрация электронов и дырок в случае собственной и примесной проводимости (невырожденный случай).</p> <p><u>Лекция 5.</u> Вычисление положения уровня Ферми и равновесных концентраций электронов и дырок в собственном и примесном полупроводнике.</p>
<p>Модуль 2</p> <p>4. Неравновесные электроны и дырки.</p> <p>5. Кинетические явления в полупроводниках.</p> <p>6. Оптические явления в полупроводниках.</p>	<p><u>Лекция 6.</u> Неравновесные электроны и дырки в полупроводниках. Механизмы рекомбинации. Время жизни неравновесных электронов и дырок, уравнение непрерывности, фотопроводимость, квазиуровни Ферми.</p> <p><u>Лекция 7.</u> Электропроводность, эффект Холла, влияние магнитного поля, градиента температуры. Время свободного пробега.</p> <p><u>Лекция 8.</u> Прямые и непрямые полупроводники. Механизмы оптических переходов в полупроводниках.</p> <p><u>Лекция 9.</u> Люминесценция.</p>

Лабораторные работы (лабораторный практикум)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Изучение зависимости сопротивления

		полупроводников от температуры
2	3	Определение ширины запрещенной зоны полупроводника по температурной зависимости электропроводности
3	4	Исследование фотопроводимости в полупроводниках.
4	5	Исследование свойств полупроводниковых материалов методом Холла.
5	5	Исследование температурной зависимости электропроводности в полупроводника
6	5	Исследование температурной зависимости термоэлектродвижущей силы в полупроводниках
7	6	Исследование собственного оптического поглощения в полупроводниках\

Содержание разделов самостоятельной работы

п/п	Раздел дисциплины	Форма самостоятельной работы
1	Основные понятия физики полупроводниковых материалов	Изучение материалов лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Выполнение расчетно-графической работы. Составление конспектов по темам самостоятельной работы.
2	Элементы зонной теории полупроводников (идеальная решетка).	Изучение лекционных материалов. Составление конспектов по самостоятельной работе.
3	Равновесные электроны и дырки в полупроводниках	Изучение материалов лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Выполнение расчетно-графической работы. Составление конспектов по темам самостоятельной работы.
4	Неравновесные электроны и дырки.	Изучение материалов лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Выполнение расчетно-графической работы. Составление конспектов по темам самостоятельной работы.
5	Кинетические явления в полупроводниках.	Изучение материалов лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Выполнение расчетно-графической работы.

		Составление конспектов по темам самостоятельной работы.
5	Оптические явления в полупроводниках	Изучение материалов лекций. Подготовка к лабораторным занятиям. Выполнение расчетно-графической работы. Составление конспектов по темам самостоятельной работы.

5. Образовательные технологии

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

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

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

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

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

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

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

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

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

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

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 7 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 (тематика докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Схема оценки уровня формирования компетенции

ОК-7 - способностью к самоорганизации и самообразованию

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

ОПК-1

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

Уровень	Показатели (что)	Оценочная шкала
---------	------------------	-----------------

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

ОПК-2

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

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Общее представление о проблематике, основных закономерностях формирования конденсированных сред, умение привлекать для их решения соответствующий математический аппарат	Имеет общее представление о проблематике физики конденсированного состояния, знаком с физико-математическим аппаратом для решения возникающих проблем	Демонстрирует знание проблематики, знает основные закономерности физики конденсированного состояния, проявляет готовность самостоятельно находить пути их решения	Показывает знания в области физики конденсированного состояния, умение решать типовые задачи, готовность к усвоению нового материала
Базовый	Умение выявлять	Имеет общее	Показывает	Демонстрирует

	естественнонаучную сущность проблем конденсированных сред, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	представление о природе физики конденсированных сред, обладает навыками применения физико-математического аппарата для решения возникающих	знания в области физики конденсированного состояния, использовать физико-математический аппарат для решения возникающих проблем	умение выявлять естественнонаучную сущность проблем конденсированных сред, умение самостоятельно находить методы решения типовых задач
--	--	--	---	--

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

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Имеет общее представление о методах анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред	Демонстрирует знание методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред и их представления в виде научных отчетов	Демонстрирует навыки применения методов анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, умение представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
Базовый	Умение анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств конденсированных сред, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.	Показывает навыки анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, умение работать с литературными источниками	Способен анализировать, систематизировать, обобщать и моделировать результаты изучения свойств конденсированных сред и их представления в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	Имеет успешный опыт анализа, систематизации, обобщения и моделирования результатов изучения свойств конденсированных сред, представления материалов в виде научных отчетов, публикаций, презентаций

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

7.3. Типовые контрольные задания

7.3.1. Контрольные вопросы

1. Каковы различия в зонной структуре металлов, полупроводников и диэлектриков.
2. Эффективная масса электрона в кристалле. Ее физический смысл.
3. Связь эффективной массы с кривизной изоэнергетической поверхности, скоростью и квазиимпульсом.
4. Водородоподобные примесные центры в полупроводниках. Мелкие и глубокие уровни.
5. Каковы определения дефектов-доноров и дефектов-акцепторов.
6. Чем отличается распределение носителей заряда по состояниям в разрешенных зонах и на примесных уровнях.
7. Основные закономерности зонной структуры реальных полупроводников
8. Плотность квантовых состояний и функция распределения электронов по энергиям.
9. Статистика равновесных носителей в собственном полупроводнике.
10. Статистика равновесных носителей в полупроводнике n - типа.
11. Статистика равновесных носителей в полупроводнике p- типа.
12. Рассеяние носителей заряда на колебаниях атомов кристаллической решетки.
13. Рассеяние носителей заряда на ионизированных атомах примеси.
14. Дрейфовая подвижность носителей и ее зависимость от температуры;
15. Механизм сопротивления проводников электрическому току.
16. Чем объясняется температурная зависимость сопротивления полупроводников?
17. Собственная проводимость полупроводника.
18. Примесная проводимость полупроводника.
19. Что такое энергия активации примесного (локального) уровня?
20. В чем состоят явления термогенерации и рекомбинации носителей заряда?
21. Зависимость концентрации и положения уровня Ферми от температуры для полупроводника с одним типом примеси.
22. Как определяется физическая величина, называемая «подвижность носителей заряда»?
23. Электропроводность собственных и примесных полупроводников.
24. Эффект Холла.
25. Неравновесные носители заряда. Уравнение непрерывности.

26. Межзонная рекомбинация неравновесных носителей.
27. Рекомбинация через локальные центры.
28. Поглощение света. Фундаментальные (собственные) поглощения.
29. Примесные и экситонные поглощения. Поглощение свободными носителями и решеточное.
30. Фотопроводимость.

7.3.2. Контрольные вопросы к самостоятельной работе

Тема 1. Основы зонной теории полупроводников

- Чем отличается энергетический спектр электронов в кристалле от спектра в изолированном атоме.
- Что такое квазиимпульс электрона.
- Каковы различия в зонной структуре металлов, полупроводников и диэлектриков.
- Эффективная масса электрона в кристалле. Ее физический смысл.
- Связь эффективной массы с кривизной изоэнергетической поверхности, скоростью и квазиимпульсом.
- Приведите и объясните эксперименты, подтверждающие существование энергетических зон в твердых телах.
- Каким экспериментом можно определить эффективные массы носителей заряда.
- Что такое водородоподобная модель примесных состояний.
- 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.

Тема 2. Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках

- Какая связь между функциями $f_n(E, T)$ и $f_p(E, T)$. Найдите их вид для вырожденного и невырожденного полупроводника.
- Какие носители заряда в полупроводниках называются равновесными.
- Понятие о собственном и примесном полупроводниках.
- Дайте определение функции плотности состояний для электронов и дырок. Чему она равна в k -пространстве.
- Дайте графическую иллюстрацию выражений для концентраций электронов и дырок в случае вырожденного и невырожденного полупроводника n - и p - типа.
- Где в энергетическом спектре собственного полупроводника расположен уровень Ферми. В чем отличие уровня Ферми в полупроводниках от энергии Ферми в металлах.

- Что собой представляет энергетический спектр электронов в полупроводнике.
- В какой из половин запрещенной зоны находится уровень Ферми в полупроводниках *n*- и *p*- типов.
- Как подсчитать эффективное число состояний в зонах.
- Приведите формулу для концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике для невырожденного и вырожденного полупроводника.
- Покажите, что в сильно вырожденном полупроводнике концентрация электронов не зависит от температуры.
- Как экспериментально найти ширину запрещенной зоны в невырожденном полупроводнике.
- Как зависит ширина запрещенной зоны от внешних факторов.
- Покажите графически температурную зависимость уровня Ферми собственного и невырожденного донорного полупроводника.
- Понятие о плотности состояний и зависимости ее от энергии для разрешенных зон и примесных уровней.
- Концентрация носителей, выраженная через уровень Ферми.
- Запишите и поясните условие электронейтральности в общем случае.
- Иллюстрируйте графическую температурную зависимость концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике и в полупроводнике с одним типом примеси.
- Может ли примесный полупроводник обладать собственной проводимостью.
- Каково условие вырождения полупроводника при введении в него примесей. В какой из полупроводников InAs или Ge нужно ввести большую концентрацию примеси для достижения вырождения.

Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках.

- Понятие о подвижности носителей. Электропроводность полупроводника.
- Что такое энергия активации проводимости.
- Каков механизм действия фононов на электропроводность.
- Зависимость подвижности и электропроводности от температуры.
- Рассеяние носителей заряда в полупроводниках. Основные механизмы рассеяния.
- В чем заключается эффект Холла в твердых телах. Как отклоняются электроны и дырки.
- Что такое магнетосопротивление.
- Какую информацию можно получить из измерений 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.

Тема 4. Оптические явления в полупроводниках

- Какие макроскопические параметры характеризуют взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
- Как связаны коэффициенты пропускания света, его поглощения и отражения.
- В чем состоит закон Бугера-Ламберта.
- Что такое спектр поглощения.
- Каков физический смысл коэффициента поглощения.
- Виды оптического поглощения в полупроводниках.
- Как проявляют себя фононы в явлении поглощения света твердыми телами.
- В чем состоит физический смысл прямозонных и непрямозонных электронных переходов в энергетическом спектре полупроводников.
- Форма края собственного поглощения при прямых переходах.
- Что такое экситон.
- 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. Какие механизмы излучательной рекомбинации вы знаете.

Пример тестовых заданий для промежуточного контроля

7.3.3. Примеры текстовых заданий для промежуточного контроля

1. Какое из приведенных выражений соответствует функции распределения Ферми- Дирака для электронов (μ - химический потенциал)

$$\begin{array}{l}
 1) f = (e^{\frac{\mu - E}{k_0 T}} + 1)^{-1} \quad 2) f = (e^{\frac{E - \mu}{k_0 T}} - 1)^{-1} \quad 3) f = A e^{\frac{E - \mu}{k_0 T}} \quad 4) \\
 f = (e^{\frac{E - \mu}{k_0 T}} - 1)^{-1} \quad 5) f = (e^{\frac{E - \mu}{k_0 T}} + 1)^{-1}
 \end{array}$$

2. *Для электронов, располагающихся вблизи максимумов энергетической зоны, эффективная масса:*
- 1) обращается в нуль
 - 2) положительна
 - 3) обращается в бесконечность
 - 4) отрицательна
 - 5) равна массе свободного электрона.
3. *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
4. *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.
5. *Область значений волнового вектора k , в пределах которой энергия $E(k)$ электрона испытывает полный цикл своего изменения, называют:*
- 1) зоной Бриллюэна
 - 2) запрещенной зоной
 - 3) валентной зоной
 - 4) зоной проводимости
 - 5) энергетической щелью.
6. *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

7. 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.

8. 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

9. Удельное сопротивление монокристалла кремния р-типа при комнатной температуре (300 К) составляет $9 \cdot 10^{-4}$ Ом.м.

Определите коэффициент Холла, если подвижность дырок $0,04 \text{ м}^2/(\text{В.с})$.

- 1) $3,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{Кл}$ 2) $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{Кл}$ 3) $3,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{Кл}$
4) $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{Кл}$ 5) $7,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{Кл}$

10. Дырочный полупроводник невырожден, если:

1) уровень Ферми лежит в валентной зоне ниже потолка валентной зоны на 5 кТ

2) уровень Ферми расположен в зоне проводимости выше дна зоны проводимости по крайней мере на 5 кТ

3) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне ниже дна зоны проводимости не менее чем на кТ

4) уровень Ферми лежит в запрещенной зоне выше потолка валентной зоны не менее чем на кТ

5) уровень Ферми лежит в середине запрещенной зоны.

11. Основным методом измерения концентрации носителей и определения 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

12. Рекомбинация носителей заряда в полупроводниках называется экситонной, если электрон:

- 1) переходит непосредственно из зоны проводимости в валентную зону
- 2) прежде захватывается некоторым локальным центром, затем переходит в валентную зону и рекомбинирует с дыркой
- 3) и дырка захватываются соответствующими рекомбинационными центрами, а затем происходит рекомбинация посредством перехода электрона на локальный уровень дырки
- 4) переходит из зоны проводимости на мелкий уровень донора и нейтрализует ионизованный донор
- 5) образующий с дыркой связанную квазичастицу с нулевым спином, рекомбинирует с дыркой.

13. Подвижность дырок в монокристалле кремния при комнатной температуре (300 К) равна 0,04 м²/(В.с). Коэффициент диффузии дырок при этой температуре:

- 1) $41,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$
- 2) $4,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$
- 3) $10,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$
- 4) $10,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$
- 5) $41,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$

14. 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

15. Какое из следующих выражений является уравнением непрерывности для электронов в полупроводнике.

$$1) \frac{\mu_n}{D_n} = \frac{e}{kT} \quad 2) \frac{\partial n}{\partial t} = G - \frac{\partial f_n}{\partial x} \frac{n - n_0}{\tau_n} \quad 3) J_n = en\mu_n E + eD_n \frac{dn}{dx}$$

$$4) n = N_e \exp \frac{E_c - E_F}{kT} \quad 5) n_i = (N_c N_v)^{1/2} \exp \frac{E_c - E_v}{2kT}$$

16. Вычислить диффузионную длину электронов в невырожденном Ge при 300 К, если время жизни электронов составляет $\tau_n = 10^{-4}$ с, $\mu_n = 3800$ см²/Вс. ($k_0 = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).

- 1) 0,2 см 2) 0,01 см 3) 0,02 см 4) 0,2 см 5) 0,1 см

17. Люминесценция отличается от других видов неравновесного излучения только:

- 1) спектральным составом 2) интенсивностью 3) поляризацией
4) когерентностью 5) длительностью послесвечения.

18. Систему из электрона и дырки, связанных друг с другом благодаря взаимному кулоновскому притяжению, называют:

- 1) донорно-акцепторной парой 2) экситоном 3) поляроном
4) куперовской парой 5) электрическим доменом.

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

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

Текущий контроль по дисциплине включает:

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

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

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

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

а) основная литература:

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников. - М.: Лань, 2010.

2. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009.
3. Кардона П. Ю. Введение в физику полупроводников. - М.: Физматлит, 2002.

б) дополнительная литература:

4. Пасынков В.В., Чиркин Л.К.. Полупроводниковые приборы: учеб. пособие – СПб.: Лань, 2009.
5. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. М., Наука 2-е издание. 1990.
6. Гуртов В.А. Твердотельная электроника. Изд-во « Техносфера», 2005., 406 с.
7. Спиридонов О. П. Физические основы твердотельной электроники. Издательство: "Высшая школа". 2008.

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).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. www.biblioclub.ru - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. 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).
9. www.affp.mics.msu.su

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

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

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

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

Вид учебных 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	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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

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

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

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

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