



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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

Кафедра инженерной физики физического факультета

Образовательная программа магистратуры
11.04.04- Электроника и наноэлектроника

Направленность (профиль) программы:
Материалы и технологии электроники и наноэлектроники

Форма обучения:
Очная

Статус дисциплины:
Входит в обязательную часть

Махачкала, 2022 г

Рабочая программа дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» составлена в 2022 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки **11.04.04 Электроника и наноэлектроника** от 22 сентября 2017 г. № 959 (с изменениями и дополнениями №1456 от 26.11.2020 г.).

Разработчик: *кафедра инженерной физики, д.ф.м.н., проф. 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 **Физика полупроводников и диэлектриков** входит в обязательную часть (Базовый модуль направления) основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**. Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой инженерной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими основами физики полупроводников и диэлектриков, их свойствами и применениями в электронике.

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

ОПК-1. - Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора

ОПК-2 - Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы

ОПК-3 - Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме тестирования, индивидуального собеседования, письменных контрольных заданий и пр. и промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 6 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	из них						
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
9	216	50	16	18	16			130	экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Физика полупроводников и диэлектриков» являются формирование систематических знаний фундаментальных принципов, определяющих физические процессы в полупроводниках и диэлектриках, а также в изучении явлений и процессов, используемых при разработке приборов твердотельной микро и наноэлектроники.

Задачами дисциплины является изучение основных принципов и законов физики полупроводников и диэлектриков, а также методов их физических исследований. Магистр должен владеть основами теоретических знаний для решения практических задач как в области физики полупроводников и диэлектриков, так и на междисциплинарных границах физики с другими областями знаний; владеть соответствующим математическим аппаратом для освоения основных положений теории и решения практических задач.

В результате изучения курса магистры должны:

- понимать физическую сущность процессов, протекающих в полупроводниковых и диэлектрических материалах и в структурах, созданных на основе этих материалов, в том числе и при воздействии внешних полей и изменении температуры;
- иметь опыт проведения количественных оценок величины эффектов и характеристических параметров с учётом особенностей кристаллической структуры, электронного и фононного спектров, типа и концентрации легирующих примесей.
- понимать современные тенденции в развитии физики полупроводников и диэлектриков, приборов и устройств на их основе;
- быть готовыми к самостоятельному освоению и грамотному использованию результатов новых экспериментальных и теоретических исследований в области физики полупроводников и диэлектриков, к самостоятельному выбору методов и эффектов исследования.

Основные разделы программы курса: основы зонной теории полупроводников и диэлектриков. статистика электронов и дырок в полупроводниках, генерация и рекомбинация электронов и дырок, кинетические явления в полупроводниках, явления переноса в полупроводниках, оптические и фотоэлектрические явления, полупроводниковые структуры пониженной размерности, поляризация и электропроводность диэлектриков, диэлектрические потери, активные диэлектрики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Физика полупроводников и диэлектриков» в структуре ОПОП входит в обязательную часть (Базовый модуль направления). Для освоения дисциплины требуются знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения ряда предшествующих дисциплин (разделов дисциплин), таких как:

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

и знания в области математики.

Для освоения данной дисциплины магистр должен иметь основополагающие представления об основных подходах к описанию реальных физических процессов и явлений, как на классическом, так и на квантовом уровне; иметь знания о методах решения практических задач физики конденсированного состояния на основе современных математических моделей описания физических объектов; владеть фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики конденсированного состояния, а также методами физического исследования. Магистры должны обладать навыками, необходимыми для решения конкретных физических проблем с использованием приёмов и методов матема-

тической физики; для описания разнообразных физических процессов и состояний в полупроводниках и диэлектриках.

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

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1. Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности ОПК-1.3. Проводит качественный и количественный анализ выбранного методов решения выявленной проблемы, при необходимости вносит	<i>Знает:</i> • основы зонной теории полупроводников и диэлектриков, зонную структуру основных полупроводников; • основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках, как на классическом, так и на квантовом уровне; • квантовые основы современной наноинженерии; • современные тенденции развития материаловедения твердотельной электроники; • тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники; • основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области электроники и наноэлектроники • новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности; • основные подходы к описанию реальных физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках, как на классическом, так и на квантовом уровне; • современные тенденции развития материаловедения, твердотельной электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий; • основы качественного и количественного анализа методов	Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, презентации докладов.

		решения выявленной проблемы по физике полупроводников и диэлектриков <i>Умеет:</i> • создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; • 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 и диэлектриков, физики систем пониженной размерности; • выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта; • выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата <i>Владеет:</i> • основами теоретических знаний для решения практических задач как в области физики полупроводников и диэлектриков, так и на междисциплинарных границах физики микро- и нанoeлектроники; • методами количественного формулирования и решения практических задач по физике полупроводников и диэлектриков. • навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем;	
--	--	---	--

		• методами научного анализа проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора • навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности • создавать и анализировать теоретические модели физических процессов и явлений в полупроводниках и диэлектриках; • выбирать методы и средства решения конкретных задач, использовать для их решения физических измерительных приборов и приемов. • 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 и диэлектриков, физики систем пониженной размерности;	
ОПК-2 Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы	ОПК-2.1. Выбирает или самостоятельно формулирует тему исследования, составляет программу-исследования ОПК-2.2. Самостоятельно выбирает методы исследования, разрабатывает и проводит исследования ОПК-2.3. Анализирует, интерпретирует,	<i>Знает:</i> • актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития современной электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники • принципы составления программы исследований по выбранной теме в области изучения материалов и компонентов электроники и нанoeлектроники; • современные инновационные методики исследований, в том числе с использованием проблемно-ориентированных прикладных программных средств ;	Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, презентации докладов.

	оценивает, представляет и защищает результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями	• основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы; • основные приемы обработки и представления результатов выполненного исследования • требования к оформлению результатов выполненной работы; • пакеты программ по графическому представлению результатов выполненной работы. <i>Умеет:</i> • самостоятельно выбирать и формулировать конкретные задачи исследований полупроводников и диэлектриков; • рассматривать возможные варианты реализации исследований полупроводников и диэлектриков, оценивая их достоинства и недостатки. <i>Владеет:</i> • навыками выбирать и формулировать конкретные задачи исследований полупроводников и диэлектриков • проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода • навыками планировать исследования по заданной методике для эффективного решения поставленной задачи; • опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов; • навыками самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования; • опытом выявления сути материаловедческих проблем твердотельной электроники, конкретизации целей и задач исследований объектов навыками	
--	--	---	--

		обработки, анализа и интерпретации полученных данных с использованием современных информационных технологий • навыками формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по исследовательской работе, оформлять, представлять и докладывать результаты исследований; • навыками представления итогов работы в виде научных публикаций, тезисов докладов, оформления заявок на изобретения и др.; • опытом использования результатов исследований для оформления научных проектов, грантов, участия в различных молодежных конкурсах; • опытом внедрения результатов исследований на практике.	
ОПК-3. Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач.	ОПК-3.1. Демонстрирует умения получать и использовать новые знания в области профессиональной деятельности, в том числе в междисциплинарном контексте ОПК-3.2. Предлагает новые идеи и подходы к решению инженерных задач с использованием современных информационных технологий	<i>Знает:</i> • современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации о новых материалах и технологиях твердотельной электроники и наноэлектроники из различных источников и баз данных в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий; • возможность поиска, управления, обработки и обмена информацией при решении инженерных задач материаловедения по направлению электроники и наноэлектроника. <i>Умеет:</i> • получать и использовать новые знания по физике и технике полупроводник и диэлектриков, в том числе в междисциплинарном контексте, с использованием информационно-коммуникационных технологий; • использовать современные ин-	Устный опрос, письменный опрос, выступление на семинарах, мини-конференция.

		формационные технологии в целях формирования новых идеи и подходов по применению полупроводниковых и диэлектрических материалов в решении инженерных задач; - использовать специализированные знания в области физики конденсированного состояния вещества для обеспечения технологической реализации материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и нанoeлектроники. <i>Владеет:</i> - навыками использовать современные информационные технологии для приобретения новых знаний по физике и технике полупроводник и диэлектриков, в том числе в междисциплинарном контексте; - навыками предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач с использованием современных информационных технологий по применению полупроводниковых и диэлектрических материалов в решении инженерных задач.	
--	--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятель- ную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успевае- мости (по неделям семестра) Форма промежу- точной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лаборатор- ные занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1.								
1	Основы зонной тео- рии полупроводни- ков и диэлектриков.	2		4	4			28	(ДЗ), (С), (КСР)

	Итого по модулю 1: 36 ч			4	4		28	
	Модуль 2.							
2	Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках			2	4	6	24	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 2: 36 ч			2	4	6	24	
	Модуль 3.							
3	Кинетические явления в полупроводниках.			4	2	3	13	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
5	Генерация и рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках			2	2		10	(ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 3: 36 ч			6	4	3	23	
	Модуль 4.							
6	Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках			2	2	6	24	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 4: 36 ч			2	2	6	26	
	Модуль 5.							
7.	Поляризация и электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери. Активные диэлектрики и их применение			2	2	3	29	(ЛР), (ДЗ), (С), (КСР)
	Итого по модулю 5: 36 ч			2	2	3	29	
	Модуль 6.							
	Подготовка к экзамену						36	
	ИТОГО: 216			16	16	18	36	130

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

Тема 1. Основы зонной теории полупроводников и диэлектриков

Основные приближения зонной теории. Волновая функция электрона в периодическом поле кристалла. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Энергетические зоны. Расчеты энергетического спектра: метод сильно связанных электронов. Законы дисперсии для важнейших полупроводников. Тензор обратной эффективной массы.

Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Метод эффективной массы. Искривление энергетических зон в электрическом поле. Движение электронов и

дырок в магнитном поле. Определение эффективных масс из циклотронного (диамагнитного) резонанса. Определение параметров зонного спектра из оптических свойств.

Водородоподобные примесные центры в полупроводниках. Мелкие и глубокие уровни.

Элементарные возбуждения: электроны, дырки, поляроны, экситоны.

Тема 2. Статистика электронов и дырок в полупроводниках

Плотность состояний и функция распределения электронов. Концентрации электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях. Вычисление положения уровня Ферми и равновесных концентраций электронов и дырок в собственном и примесном (некомпенсированном и компенсированном) полупроводнике. Определение ширины запрещенной зоны и энергетического положения примесных уровней из температурной зависимости электропроводности.

Тема 3. Кинетические явления в полупроводниках.

Элементы кинетической теории явлений переноса. Кинетическое уравнение Больцмана. Кинетические коэффициенты - проводимость, постоянная Холла, термо-ЭДС и эффект Пельтье. Дрейфовая скорость, дрейфовая и холловская подвижности, фактор Холла. Дрейфовый и диффузионный токи. Соотношение Эйнштейна. Явления переноса в сильных электрических полях.

Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решетке. Оптические и акустические фононы. Взаимодействие носителей заряда с акустическими, оптическими, пьезоэлектрическими фононами.

Тема 4. Генерация и рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках

Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Квазиравновесие, квазиуровни Ферми. Времена жизни. Фотопроводимость.

Статистика рекомбинации электронов и дырок. Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Межзонная рекомбинация. Рекомбинация через уровни примесей и дефектов. Роль прилипания.

Тема 5. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках и диэлектриках

Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Межзонные переходы. Исследование зонной структуры по спектрам поглощения и отражения. Коэффициент поглощения для прямых и непрямых оптических переходов. Экситонное поглощение и излучение. Спонтанное и вынужденное излучение.

Влияние примесей на оптические свойства. Примесное поглощение вблизи края запрещенной зоны в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Межпримесная излучательная рекомбинация. Фотоэлектрическая спектроскопия полупроводниковых структур.

Тема 6. Поляризация и электропроводность диэлектриков.

Диэлектрические потери.

Векторы электрического поля, индукции и поляризации. Тензор диэлектрической проницаемости. Механизмы электрической поляризации. Особенности ионной поляризации. Частотная зависимость проводимости.

Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Современные пьезоэлектрические и электрострикционные материалы.

Определение пьезоэлектрического эффекта. Физические свойства электретов.

Физические основы сегнетоэлектричества. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Применение сегнетоэлектриков в электронике.

4.3.1. Содержание лекционных занятий

	Содержание темы
Модуль 1	<u>Лекция 1.</u> Основы зонной теории полупроводников и диэлектриков. Уравнение Шредингера для кристалла. Волновые функции Блоха. Зона Бриллюэна. <u>Лекция 2.</u> Расчеты энергетического спектра: методы слабо связанных и сильно связанных электронов. Законы дисперсии для важнейших полупроводников. Тензор обратной эффективной массы. <u>Лекция 3.</u> Плотность состояний и функция распределения электронов. Концентрации электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях. <u>Лекция 4.</u> Кинетическое уравнение Больцмана. Кинетические коэффициенты - проводимость, постоянная Холла, термо-ЭДС и эффект Пельтье. <u>Лекция 5.</u> Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решетке. <u>Лекция 6.</u> Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Квазиравновесие, квазиуровни Ферми. Времена жизни. Статистика рекомбинации электронов и дырок. Механизмы рекомбинации.
	<u>Лекция 7.</u> Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Фотоэлектрическая спектроскопия полупроводниковых структур.
	<u>Лекция 8.</u> Поляризация и электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери. Электрически активные диэлектрики.

4.3.2. Содержание практических занятий

модуль	Содержание темы
Модуль 1	<u>Занятие 1.</u> Основные приближения зонной теории. <u>Занятие 2.</u> Определение эффективных масс из циклотронного (диамагнитного) резонанса. Определение параметров зонного спектра из оптических свойств.
Модуль 2	<u>Занятие 3.</u> Расчет температурной зависимости положения уровня Ферми и концентрации свободных носителей заряда в полупроводниках. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника. <u>Занятие 4.</u> Определение ширины запрещенной зоны и энергетического положения примесных уровней из температурной зависимости электропроводности.

Модуль 3	<u>Занятие 5.</u> Эффект Холла, магнитосопротивление. <u>Занятие 6.</u> Взаимодействие носителей заряда с акустическими, оптическими, пьезоэлектрическими фононами.
Модуль 4	<u>Занятие 7.</u> Механизмы оптических переходов в полупроводниках. Прямое поглощение вблизи края запрещенной зоны в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Исследование спектров люминесценции полупроводников.
Модуль 5	<u>Занятие 8.</u> Электрически активные диэлектрики: сегнетоэлектрики, сегнетомагнетики, пьезоэлектрики, пьезоэлектрики, пирозэлектрики и электреты. Применения.

4.3.3. Содержание лабораторных занятий

	Содержание темы
Модуль 2	<u>Лабораторная работа 1.</u> Исследование температурной зависимости электропроводности и термоЭДС в полупроводниках. - 3 ч. <u>Лабораторная работа 2.</u> Определение ширины запрещенной зоны и локальных уровней полупроводника. - 3 ч.
Модуль 3	<u>Лабораторная работа 3.</u> Исследование свойств полупроводниковых материалов методом Холла. - 3 ч.
Модуль 4	<u>Лабораторная работа 4.</u> Определение коэффициента примесного оптического поглощения в полупроводниках фотоэлектрическим методом. - 3 ч. <u>Лабораторная работа 5.</u> Исследование собственного оптического поглощения в полупроводниках. - 3 ч.
Модуль 5	<u>Лабораторная работа 6.</u> Исследование сегнетоэлектриков. - 3 ч.

4.3.4. Содержание разделов самостоятельной работы

№	Содержание темы
1	Тема 1. Основы зонной теории полупроводников и диэлектриков – Сущность адиабатического и одноэлектронного приближений при решении уравнения Шредингера. – Как идеальная решетка воздействует на движение электрона по кристаллу. – Сущность приближений почти свободных и почти связанных электронов. Какие основные выводы можно сделать из решения уравнения Шредингера этим методами. – Зона Бриллюэна. Правило построения зон Бриллюэна. – Закон дисперсии. Основные свойства закона дисперсии для электрона в кристалле. Геометрическое представление закона дисперсии. – Чем отличается энергетический спектр электронов в кристалле от спектра в изолированном атоме. – 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. – Каким экспериментом можно определить эффективные массы носителей заряда. – Что такое водородоподобная модель примесных состояний. – Основные закономерности зонной структуры реальных полупроводников.
2.	○ 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. – 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. – 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. – В чем проявляется закон действующих масс в полупроводнике. – Понятие о плотности состояний и зависимости ее от энергии для разрешенных зон и примесных уровней. – Иллюстрируйте графическую температурную зависимость концентрации носителей заряда в собственном полупроводнике и в полупроводнике с одним типом примеси. – Может ли примесный полупроводник обладать собственной проводимостью.
3	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. – Что такое ударная ионизация, электростатическая ионизация, эффект Зинера.
3.	– Процессы переноса зарядов в полупроводниках – Дрейф носителей заряда. Диффузия носителей заряда
4.	Тема 4. Генерация и рекомбинация электронов и дырок в полупроводниках – Какое состояние носителей заряда называется неравновесным. Как можно его описать. Что такое квазиуровни Ферми. – Каковы основные механизмы рекомбинации носителей заряда в полупроводниках. – Запишите уравнение непрерывности в общем виде и поясните смысл входящих в него членов. – Какие законы рекомбинации вы знаете. Каким механизмам рекомбинации они соответствуют. – Что такое Оже-рекомбинация. – Что характеризует время жизни носителей заряда. Что характеризует сечение рассеяния. – Каково влияние явления прилипания носителей на время жизни. – Как рассчитать пространственное распределение концентрации избыточных носителей заряда в стационарных условиях. – Как экспериментально найти энергетическое положение рекомбинационного уровня. – В чем состоят явления инжекции, эксклюзии, экстракции и аккумуляции носителей заряда и в чем их причина. – Чем определяется направление и скорость движения пакета неравновесных носителей заряда. – Соотношение Эйнштейна.
5.	• Выпрямительные диоды • Особенности вольтамперных характеристик выпрямительных диодов • Импульсные диоды • Туннельные диоды • Обращенный диод • Диоды Шоттки • Варикапы • Стабилитроны • Стабисторы
5.	Тема 5. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках и диэлектриках – Что такое фотопроводимость и от каких параметров она зависит. – Что такое собственная и примесная фотопроводимость. – Что такое фоточувствительность и зачем вводится это понятие. – Какие энергетические параметры полупроводника можно определить из спектральной зависимости фотопроводимости.

	– Что такое спектр поглощения. – Каков физический смысл коэффициента 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. – Что такое экситон. – 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.
6.	Тема 6. Поляризация и электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери. – Что такое поляризация диэлектрика. Механизмы поляризации. – В чем заключается электронная, ионная и ориентационная механизмы поляризации. – В каких диэлектриках имеет место ориентационная поляризация. – Понятие о комплексной диэлектрической проницаемости. – В чем состоит физическая сущность диэлектрических потерь. – Какие явления называют прямым и обратным пьезоэффектом. – Дайте определение пьезоэффекта. Какие кристаллы относятся к пьезоэлектрикам. – Чем отличаются сегнетоэлектрики от линейных пьезоэлектриков. – Объясните механизм пьезоэффекта в простой модели однородного полярного кристалла. – Чем обусловлены первичный и вторичный пьезоэффекты. – Назовите отличительные особенности сегнетоэлектриков. – Объясните механизм формирования петель гистерезиса. Какие параметры сегнетоэлектрика по ней можно определить. – Доменная структура сегнетоэлектриков. – Что такое электреты.

1. Основные приближения зонной теории.
2. Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Искривление энергетических зон в электрическом поле.
3. Элементарные возбуждения: электроны, дырки, поляроны, экситоны.
4. Концентрации электронов и дырок в зонах. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях.
5. Вычисление положения уровня Ферми и равновесных концентраций электронов и дырок в собственном и примесном полупроводнике.
6. Элементы кинетической теории явлений переноса. Кинетическое уравнение. Механизмы рассеяния носителей заряда в неидеальной решетке.
7. Дрейфовая скорость, дрейфовая и холловская подвижности, фактор Холла. Дрейфовый и диффузионный токи.
8. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Фотопроводимость.
9. Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация.
10. Механизмы оптических переходов в полупроводниках.

11. Примесное поглощение вблизи края запрещенной зоны в прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
12. Физические основы поляризации диэлектриков. Электропроводность.
13. Диэлектрические потери и диэлектрическая спектроскопия.
14. Пьезоэлектрический эффект. Пироэлектрики и электреты. Сегнетоэлектрики.

5. Образовательные технологии

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

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

Для достижения определенных компетенций используются следующие формы организации учебного процесса: лекция (информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, 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 компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

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

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

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

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

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

Методика проведения практических занятий способствует выполнению расчетов, решению задач по наноэлектронике, умению пользования нормативной и справочной литературой. Закрепление знаний путем решения разного рода учебно-практических задач осуществляется с применением системы компьютерной математики MathCad и Origin Graph, предоставляющей высокую степень визуализации всего процесса вычислений, его наглядность, а также минимальные сроки выполнения расчетов. Применяемые электронные средства обучения способствуют увеличению объема выполнения рабочего задания по сравнению с традиционными практическими занятиями.

Выполнение лабораторных работ, обработки результатов измерений, редактирования схем, изображений и чертежей с использованием современных программных средств Origin Graph, MathCad, Microsoft Visio, LabView.

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 магистров 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. 4.3.4.

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

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

7.1. Типы контрольных заданий.

7.1.1. Экзаменационные вопросы

1. В чем сущность адиабатического и одноэлектронного приближений при решении уравнения Шредингера.
2. Сущность приближений почти свободных и почти связанных электронов.
3. Что такое зона Бриллюэна. Правило построения зон Бриллюэна.
4. Закон дисперсии. Основные свойства закона дисперсии для электрона в кристалле.
5. Каковы различия в зонной структуре металлов, полупроводников и диэлектриков.
6. Эффективная масса электрона в кристалле. Ее физический смысл.
7. Связь эффективной массы с кривизной изоэнергетической поверхности, скоростью и квазиимпульсом.
8. Водородоподобные примесные центры в полупроводниках. Мелкие и глубокие уровни.
9. Каковы определения дефектов-доноров и дефектов-акцепторов.
10. Чем отличается распределение носителей заряда по состояниям в разрешенных зонах и на примесных уровнях.
11. Основные закономерности зонной структуры реальных полупроводников
12. Плотность квантовых состояний и функция распределения электронов по энергиям.
13. Статистика равновесных носителей в собственном полупроводнике.
14. Статистика равновесных носителей в полупроводнике n -типа.
15. Статистика равновесных носителей в полупроводнике p -типа.
16. Рассеяние носителей заряда на колебаниях атомов кристаллической решетки.
17. Электропроводность собственных и примесных полупроводников.
18. Эффект Холла.
19. Изменение сопротивления в магнитном поле.
20. Неравновесные носители заряда. Уравнение непрерывности.
21. Биполярная световая генерация.
22. Монополярная световая генерация.
23. Межзонная рекомбинация неравновесных носителей.

24. Межзонная ударная рекомбинация неравновесных носителей.
25. Рекомбинация через локальные центры.
26. Поглощение света. Фундаментальные (собственные) поглощения.
27. Примесные и экситонные поглощения. Поглощение свободными носителями и решеточное.
28. Фотопроводимость.
29. Общие понятия о поляризации **диэлектриков**. Векторы поляризации и электрического смещения.
30. Поляризация неполярных **диэлектриков**
31. Дипольно-релаксационная и ионно-релаксационная поляризация **диэлектриков**.
32. Понятие о диэлектрических потерях. Потери сквозной проводимости.
33. Пьезоэлектрический эффект.
34. Пироэлектрики и электреты. Сегнетоэлектрики.

7.1.2. Пример тестовых заданий для промежуточного контроля

1. *В соответствии с зонной теорией твердые тела относятся к полупроводникам, если:*
 - a. последняя зона, в которой есть электроны, заполнена частично
 - b. валентная зона заполнена электронами полностью, но она перекрывается со следующей разрешенной зоной, не занятой электронами
 - c. валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 5-6$ эВ) запрещенной зоной
 - d. валентная зона заполнена электронами полностью и отделена от следующей за ней свободной зоны широкой ($> 2-3$ эВ) запрещенной зоной
 - e. 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:*
 - a. циклотронному резонансу
 - b. температурной зависимости электропроводности
 - c. температурной зависимости подвижности
 - d. эффекту Холла
 - e. термомагнитным явлениям.
3. *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.
4. *Согласно приближению сильно связанных электронов, причиной расщепления атомных уровней в энергетические зоны при сближении атомов является:*
 - a. дифракция валентных электронов на границах зон Бриллюэна
 - b. перекрытие атомных волновых функций
 - c. эффективное электрон-фонон-электронное взаимодействие, приводящее к образованию связанных электронных пар
 - d. рассеяние электронов на фононах и дефектах кристаллической решетки
 - e. принцип запрета Паули.

5. 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
6. 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.
7. 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
8. Удельное сопротивление монокристалла кремния р-типа при комнатной температуре (300 К) составляет $9 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Определите коэффициент Холла, если подвижность дырок $0,04 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.
- 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) $7,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{Кл}$
9. Явление, заключающееся в возникновении в полупроводнике при приложении сильного постоянного электрического поля колебаний тока с частотой порядка 10^{10} Гц , называют:
- 1) эффектом Холла 2) фотоэлектрическим эффектом 3) эффектом Ганна
 4) эффектом Пельте 5) циклотронным резонансом
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.

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 – 50 %.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 10 баллов, 5- 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.

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

Основная

1. Шалимова К. В. Физика полупроводников. М.: Лань, 2010. – (62 экз.).
2. Орешкин П.П. Физика полупроводников и диэлектриков : учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по специальности "Полупроводники и диэлектрики. М. : Высшая школа, 1977. - 448 с. (17 экз.).
3. Бонч-Бруевич В. Л., Физика полупроводников / Бонч-Бруевич В. Л., С.Г. Калашников. - Москва : Наука, 1977. - 671 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483346> .

Дополнительная

4. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М. : Физматлит, 2009. - 335 с. (20 экз.).
5. Бонч-Бруевич В. Л., Калашников С. Г. Физика полупроводников. М., Наука 2-е издание. 1990 г, 688 с. – (5 экз.).
6. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния : пособие / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук ; ред. Н.К. Мышкина. - Минск : Белорусская наука, 2009. - 648 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309> (06.06.2018).
7. Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 978-5-94836-327-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>).

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

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 Springer Nature. Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature 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 НБ ДГУ[Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/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; 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 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», позволяет готовить магистров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

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