



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

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика металлов, полупроводников и диэлектриков

Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем

Образовательная программа

03.03.02 – Физика

Профиль подготовки:

Фундаментальная физика

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Форма обучения:

Очная

Статус дисциплины:

по выбору

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Физика металлов, полупроводников и диэлектриков» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 – Физика, профиль подготовки: Фундаментальная физика от «_7_» августа 2020 г., № 891.

Разработчик: Кафедра физики конденсированного состояния и наносистем,

Палчаев д.ф.-м.н., профессор



Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании Кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «26» июня 2021 г., протокол № 10.

/: Зав. кафедрой



Рабаданов М.Х. .

Утверждена на заседании методической комиссии физического факультета от «_30_» июня 2021 г., протокол №10.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «_9_» июля 2021 г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г.

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физика металлов, полупроводников и диэлектриков» входит в вариативную часть по выбору Блока 1 образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - физика.

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой физики конденсированного состояния и наносистем.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физикой конденсированного состояния, а именно с изучением особенностей структуры и физических свойств металлов, полупроводников и диэлектриков.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:; *общепрофессиональных* ОПК– 1, ОПК– 2 ; *профессиональных* ПК-10, ПК–11.

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

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме – контрольная работа, коллоквиум и промежуточный контроль в форме зачета с оценкой.

Объем дисциплины **108 ч. 3** зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Се- мestr	Учебные занятия							Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
	Все го	из них						
Лек- ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	консультации			
8	108	28		28			52	Зачет с оценкой

1. Цели освоения дисциплины

Курс лекций «Физика металлов, полупроводников и диэлектриков» является одним из цикла специальных курсов, читаемых для студентов по направлению «Физика» на кафедре физики конденсированного состояния и наносистем Даггосуниверситета в 8 семестре. Основная цель спецкурса заключается в том, чтобы сформировать систему знаний: о классификации твердых тел по электрическим свойствам и структуре; о металлическом состоянии вещества и металлических сплавах; о зонной теории твёрдых тел, об изменении величины и типа электропроводности; о контактных явлениях на границе металл-полупроводник и полупроводник - полупроводник - п- и р-типов проводимости, о поляризации диэлектриков в постоянном и переменном электрических полях и т.д.

При этом будет обращать внимание на признанные положения теории и практики, которыми должны руководствоваться бакалавры, при исследовании и интерпретации различных свойств металлов, диэлектриков и полупроводников.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина **Б1.В.ДВ.04. 03.** «Физика металлов, полупроводников и диэлектриков» входит в вариативную часть блока 1 и является дисциплиной по выбору образовательной программы ФГОС ВО – бакалавриата по направлению 03.03.02– «Физика» (профиль – фундаментальная физика).

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью использовать теоретические знания в области общей физики, атомной физики, статистической физики для решения конкретных практических задач по физика металлов, диэлектриков и полупроводников.

Студенты, изучающие данную дисциплину, должны иметь сведения о принципы формирования структуры и свойств соответствующих конденсированных сред, уметь создавать и анализировать теоретические модели явлений, характеризующих равновесные и неравновесные свойства. Иметь базовые знания о законах движения заряженных и нейтральных частиц; законах сохранения энергии, импульса и момента количества движения в объеме знаний курса общей физики и атомной физики, давать интерпретацию свойствам металлов, полупроводников и диэлектриков.

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

Студенты в ходе изучения дисциплины должны иметь современные представления о гармонических и ангармонических колебаниях атомов решетки конденсированных сред.

Знать: Типы связей и закономерности формирования структуры и свойств для различных типов межатомных связей.

Уметь: давать интерпретацию температурным зависимостям свойств металлов полупроводников и диэлектриков

Владеть: знаниями о связи структуры и электрических, тепловых, магнитных, механических свойств конденсированных сред.

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций (в соответствии ОПОП)	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	ОПК-1.1. Выявляет и анализирует проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности, основываясь на современной научной картине мира	Знает: - физико-математический аппарат, необходимый для решения задач профессиональной деятельности - тенденции и перспективы развития современной физики, а также смежных областей науки и техники. Умеет: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, анализировать и обрабатывать соответствующую научно-техническую литературу с учетом зарубежного опыта. Владеет: - навыками находить и критически анализировать информацию, выявлять естественнонаучную сущность проблем.	Устный опрос и письменный опрос

	ОПК-1.2. Реализует и совершенствует новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.	Знает: - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; - новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. Умеет: - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. Владеет: - навыками реализовать и совершенствовать 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 необходимые коррективы.	Знает: - основы качественного и количественного анализа методов решения выявленной проблемы. Умеет: - выбирать метод решения выявленной проблемы, проводить его качественный и количественный анализ, при необходимости вносить необходимые коррективы для достижения оптимального результата. Владеет: - навыками проводить качественный и количественный анализ методов решения выявленной проблемы, оценивать эффективность выбранного метода.	
ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-2.1. Выбирает или самостоятельно формулирует тему исследования, составляет программу исследования.	Знает: - актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития физики, а также смежных областей науки и техники. - принципы планирования экспериментальных исследований для решения поставленной задачи. Умеет: - самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований; - рассматривать возможные варианты реализации экспериментальных исследований, оценивая их достоинства и недостатки. Владеет: - навыками формулировать конкретные	Устный опрос и письменный опрос

		темы исследования, планировать эксперименты по заданной методике для эффективного решения поставленной задачи.	
	ОПК-2.2. Самостоятельно выбирает методы исследования, разрабатывает и проводит исследования.	Знает: - современные инновационные методики исследований, в том числе с использованием проблемно-ориентированных прикладных программных средств. Умеет: - предлагать новые методы научных исследований и разработок, новые методологические подходы к решению поставленных задач; - самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования. Владеет: - навыками самостоятельно выбирать методы исследования, разрабатывать и проводить исследования	
	ОПК-2.3. Анализирует, интерпретирует, оценивает, представляет и защищает результаты выполненного исследования с обоснованными выводами и рекомендациями.	Знает: - основные приемы обработки и представления результатов выполненного исследования; - передовой отечественный и зарубежный научный опыт и достижения по теме исследования. Умеет: - использовать основные приемы обработки, анализа и представления экспериментальных данных; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по выполненной работе. Владеет: - навыками обработки, анализа и интерпретации полученных данных с использованием современных информационных технологий; - формулировать и аргументировать выводы и рекомендации по исследовательской работе.	
ПК-10 Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам.	ПК-10.1. Владеет специальными знаниями в области квантовой теории.	Знает: - основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; - основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки. Умеет:	Устный опрос и письменный опрос

		- объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем. Владеет: - навыками использования основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.	
	ПК-10.2. Владеет специальными знаниями в области теоретической механики и электродинамики	Знает: - основные законы динамики материальной точки и системы материальных точек; основные законы движения материальной точки относительно неинерциальных систем отсчета; колебания систем со многими степенями свободы и их основные характеристики; законы и принципы аналитической механики, электродинамики; движение материальной точки при больших скоростях; основные уравнения гидродинамики и электродинамики. Умеет: - объяснить физические наблюдаемые природные и другие явления с помощью законов и методов теоретической механики и электродинамики; определить какие законы описывают данное явление или эффект; использовать методы абстракции, физического и математического моделирования для решения конкретных задач в области теоретической механики и электродинамики. Владеет: - основными физическими законами и принципами использования теоретической механики и электродинамики в практических приложениях; методами использования основных методов теоретического анализа для решения естественно-научных	

		задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.	
	ПК-10.3. Применяет методы математической физики для постановки и решения задач в профессиональной деятельности	Знает: -теоретические основы, основные понятия, законы и модели линейных и нелинейных уравнений математической физики. Умеет: -понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями и моделями линейных и нелинейных уравнений математической физики. Владеет: -методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.	Устный опрос и письменный опрос
	ПК-10.4. Способен использовать основные методы теоретической физики.	Знает: - основные этапы развития и возникновения теоретической физики, об ученых, внесших основной вклад в развитии теоретической физики; основные законы и методы теоретической физики; возможности применения этих законов и методов для освоения, изучения дисциплин, как квантовая механика, термодинамика, статфизика и т.д.; основные стандарты, формы, правила составления научной документации и их отдельные особенности. Умеет: - критически оценивать следствия тех или иных решений, открытий в теоретической физике, на дальнейший ход развития науки в целом; применять знания, полученные при изучении теоретической физики, для решения конкретных физических задач; разработать вариант решения различных задач смежных дисциплин на основе законов теоретической физики; написать статьи, доклады для выступления на различных форумах, заседаниях, семинарах. Владеет: - возможностью применять методы теоретической физики, ход и историю развития теоретической физики для формирования общих взглядов на характер науки, научных исследований; типовыми методологиями, приемами, технологиями, применяемыми при написании, составлении обзоров проведенных научных исследований; су-	

		ществующими методами, законами теоретической физики, которые можно применить для решения задач в различных областях человеческой деятельности	
ПК-11 Способен понимать теорию и методы исследования физики конденсированного состояния вещества	ПК-11.1. Базовые теоретические знания по физике конденсированного состояния из фундаментальных разделов общей и теоретической физики;	Знает: - типы связей в конденсированных средах, классификацию веществ – металлы полупроводники и диэлектрики; связь структуры и свойств конденсированных сред; диаграммы состояния многоатомных материалов. Умеет: - оценивать тип связи в конденсированных средах согласно их классификации – металлы полупроводники и диэлектрики; строить бинарные диаграммы состояния материалов. Владеет: -знаниями об энергии взаимодействия между атомами для различных типов связей; знаниями по расшифровке диаграмм состояния многоатомных материалов.	Устный опрос и письменный опрос
	ПК-11.2. Физические основы и природа кристаллических классов и пространственных групп.	Знает: - принципы формирования структуры и элементы кристаллофизики: типы кристаллических решеток; сингонии; плотность упаковки элементарных ячеек; виды дефектов в кристаллах; методы дифракционного анализа. Умеет: -определять типы кристаллических решеток, 40 40 направления и плоскости решеток; определять элементы симметрии; плотность упаковки элементарных ячеек; расшифровывать результаты дифракционного анализа. Владеет: - знаниями об идеальных и реальных структурах; методами определения направления и плоскости решеток, а также элементов симметрии; методами оценки плотности упаковки элементарных ячеек; методами дифракционного анализа.	
	ПК-11.3. ной работы Современные представления о формировании физических	Знает: - формирование зарядовых возбуждений и их релаксацию; процессы формирования равновесных и транспортных свойств; температурные зависимости механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред; связь структуры с механическими	

свойств конденсированных сред	электрическими, тепловыми, магнитными и оптическими свойствами. Умеет: - оценивать параметры зарядовых возбуждений и их релаксации при формировании транспортных свойств; интерпретировать температурные зависимости механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред. Владеет: - методами оценки параметров температурных зависимостей механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств конденсированных сред по экспериментальным данным; методами теоретической оценки параметров механических, электрических, тепловых, магнитных и оптических свойств; процессов формирования равновесных и транспортных свойств; методами интерпретации связи структуры с механическими электрическими, тепловыми, магнитными, и оптическими свойствами.
ПК-11.4. Особенности свойств в монокристаллических, керамических и наноматериалах	Знает: - физику отличительных особенностей формирования свойств в моно- и микрокристаллических, керамических и наноматериалах. Умеет: получать моно- микрокристаллические, керамические и наноматериалы. Владеет: - технологиями получения и исследования свойств моно- микрокристаллических, керамических и наноматериалов.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **3** зачетные единицы, **108** академических часов.

[illegible]

1	Типы связей в конденсированных средах. Потенциал межатомного взаимодействия – «генетический код» конденсированного состояния. Классификация металлов полупроводников и диэлектриков по структуре и проводимости. Формирования зарядовых возбуждений в металлах полупроводниках и диэлектриках	9	1-2	5	4			9	Фронтальный опрос
2	Основы зонной теории полупроводников. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Приближение сильно связанных электронов. Функция распределения Ферми-Дирака. Зависимость энергии электронов от волнового вектора в полупроводниках. Движение зарядов в кристалле под действием внешнего электрического поля. Эффективная масса носителя заряда. Собственный и примесный полупроводники.	9	2-3	4	5			9	Фронтальный опрос
Рубежная контрольная сам. работа			4				2		контрольная работа
Всего за модуль				9	9			18	
Модуль 2									
3	Металлическое состояние вещества. Классификация металлов. Общая характеристика металлических сплавов. Диаграммы состояний. Механические смеси и химические соединения. Неограниченной и ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Изменение физических свойств сплавов от состава. Правило фаз.	9	4-5	5	5			8	семинарское занятие
4	Классификация диэлектриков по зонной теории. Виды поляризации. Поляризуемость атомов, ионов и молекул. Наведенная, ионная и ориентационная поляризации и смешанная поляризация. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость. Локальное электриче-		5-6	5	5			8	семинарское занятие

	ское поле. Поле Лоренца. Уравнение Клаузиуса- Моссотти								
	Рубежная контрольная сам. ра- бота		6				2		контрольная работа
	Всего за модуль			10	10			16	
Модуль 3									
5	Диффузия в металлах. Атомная теория диффузии. Диффузия в поле градиента концентраций. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов. Металлические стекла: Методы получения металлических стекол. Структура металлических стекол и металлических рас- плавов.	9	7-8	5	4				семинарское заня- тие
6	Деполаризующее поле и фактор. Электростатическое поле в однородной и неод- нородной диэлектрической среде. Сегнето и - антисегне- тоэлектрики. Основные осо- бенности диэлектрической поляризации в переменном электрическом поле. Ди- польная релаксация и ди- электрические потери.	9	8-9	4	5				семинарское заня- тие
	Рубежная контрольная сам. ра- бота		10				2		контрольная работа
	Всего за модуль			9	9			18	зачет
	Итого: 108 ч.			28	28			52	

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

Модуль 1. Закономерности формирования структуры и свойств металлов, полупроводников и диэлектриков, металлы и сплавы

Тема 1. Типы связей в конденсированных средах. Потенциал межатомного взаимодействия – «генетический код» конденсированного состояния. Закономерности формирования структуры и свойств для различных типов межатомных связей. Классификация металлов полупроводников и диэлектриков по структуре и проводимости. Формирования зарядовых возбуждений в металлах полупроводниках и диэлектриках

Тема. 2. Металлическое состояние вещества. Классификация металлов. Общая характеристика металлических сплавов. Диаграммы состояний и изменение физических свойств сплавов от состава. Правило фаз. Построение диаграмм состояний. Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью компонентов. Диаграмма состояния для сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.

Модуль 2. Свойства металлов и связь со структурой

Тема. 3. Диффузия в металлах. Атомная теория диффузии. Диффузия в поле градиента концентраций. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов. Металлические стекла: Методы получения металлических стекол. Структура металлических стекол и металличе-

ских расплавов.

Тема. 4. Механические свойства металлов и сплавов: Пластичность и ползучесть металлов и упругость. Электрические свойства и методы измерения. Тепловые свойства и методы измерения. Связь свойств металлов со структурой.

Модуль 3. Полупроводники, зонная теория и свойства

Тема 5. Основы зонной теории полупроводников. Уравнение Шредингера для кристалла. Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Приближение сильно связанных электронов. Функция распределения Ферми-Дирака. Зависимость энергии электронов от волнового вектора в полупроводниках. Движение зарядов в кристалле под действием внешнего электрического поля. Эффективная масса носителя заряда. Собственный и примесный полупроводники. Элементарная теория примесных состояний. Расчет концентрации электронов и дырок проводимости.

Модуль 3. Диэлектрики, свойства в постоянном и переменном полях

Тема. 6. Классификация диэлектриков по зонной теории. Виды поляризации. Поляризуемость атомов, ионов и молекул. Наведенная, ионная и ориентационная поляризации и смешанная поляризация. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость. Локальное электрическое поле. Поле Лоренца. Уравнение Клаузиуса-Моссотти. Деполяризующее поле и фактор. Электростатическое поле в однородной и неоднородной диэлектрической среде. Сегнето и - антисегнетоэлектрики. Основные особенности диэлектрической поляризации в переменном электрическом поле. Дипольная релаксация и диэлектрические потери.

5. Образовательные технологии:

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по реализации компетентностного подхода, дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамены. В процессе преподавания дисциплины «Энергетический спектр электронов и фононов» применяются следующие образовательные технологии: развивающее обучение, проблемное обучение, коллективная система обучения, лекционно-зачетная система обучения. При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, лекция-информация, обзорная, проблемная, лекция-визуализация. Лекции сопровождаются представлением материалов виде презентаций с использованием анимации, выход на сайты, где представлены соответствующие иллюстрации и демонстрации для излагаемого материала. При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой: мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах (лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция с запланированными ошибками), определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом, в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 20 часов аудиторных занятий. Число лекций от общего числа аудиторных занятий определено учебной программой.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов, предусмотрена учебным планом в объеме не менее 50%, в том числе подготовка к экзаменам и зачетам, от общего количества часов. Она необходима для более глубокого усвоения изучаемого курса, формирования навыков исследовательской работы и умение применять теоретические знания на практике. Самостоятельная работа должна носить систематический характер. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

Самостоятельная работа студентов реализуется в виде:

- повторения пройденного материала;
- подготовки к лабораторно-практическим работам;
- оформления лабораторно-практических работ (заполнение таблиц, решение задач, написание выводов);
- подготовки к контрольным работам;
- выполнения индивидуальных заданий по основным темам дисциплины.

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

7.1. Перечень компетенций в процессе освоения образовательной программы приведены в П 3. (настоящей рабочей программе дисциплины)

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

7.3. Примерные темы для самостоятельной работы

1. Классификация металлов.
2. Изменение физических свойств сплавов от состава.
3. Правило фаз.
4. Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью компонентов.
5. Диаграмма состояния для сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии: а) диаграмма с эвтектикой; б) диаграмма с перитектикой.
6. Диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение: а) диаграммы с устойчивыми соединениями; б) диаграммы с неустойчивыми соединениями.
7. Диаграмма состояния сплавов, испытывающих полиморфные превращения.
8. Диффузия в металлах. Феноменологическая теория диффузии. Атомная теория диффузии. Диффузия в поле градиента концентраций.
9. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов.
10. Металлические стекла: Методы получения металлических стекол. Механические свойства металлов и сплавов: Пластичность и ползучесть металлов.
11. Основы зонной теории полупроводников.
12. Уравнение Шредингера для кристалла.
13. Зоны Бриллюэна.
14. Движение электронов в кристалле под действием внешнего электрического поля. Эффективная масса носителя заряда.
15. Элементарная теория примесных состояний.
16. Статистика электронов и дырок в полупроводниках.
17. Функция распределения Ферми-Дирака.
18. Собственный и примесный полупроводники.
19. Расчет концентрации электронов и дырок проводимости.
20. Уровень Ферми в невырожденном собственном полупроводнике.
21. Вырожденный полупроводник.
22. Кинетические явления в полупроводниках.
23. Зависимость подвижности носителей заряда и электропроводности от температуры.
24. Эффект Холла для носителей заряда одного типа и для полупроводников со смешанной электропроводностью.
25. Термоэлектрические и термомагнитные явления. Эффекты Эттингсгаузена-Нернста и Риги-Ледюка.

26. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в случаях биполярной и монополярной проводимости.
27. Дебаевская длина экранирования. Распределение концентрации, заряда и поля при диффузии.
28. Контактные явления в полупроводниках. Работа выхода. Контактная разность потенциалов.
29. Контакт полупроводник-металл. Р-п-переход.
30. Классификация диэлектриков по зонной теории.
31. Поляризация. Вектор поляризации. Виды поляризации.
32. Диэлектрическая проницаемость и поляризуемость. Зависимость проницаемости от внешних факторов.
33. Локальное электрическое поле. Поле Лоренца. Уравнение Клаузиуса-Моссотти. Деполяризующее поле Деполяризующий фактор.
34. Особенности диэлектрической поляризации однородных и неоднородных диэлектриков. Электростатическое поле в однородной и неоднородной диэлектрической среде.
35. Электрические поля поляризованных диэлектриков.
36. . Электростатическое поле внутри вырезов в диэлектрике.
37. Особенности диэлектрической поляризации в переменном электрическом поле. Дипольная релаксация.
38. Физическая сущность диэлектрических потерь.
39. Антисегнетоэлектрики. Основные свойства антисегнетоэлектриков.

На самостоятельную работу студентов выносятся переработка материалов лекций и семинарских занятий, подготовка к практическим занятиям и обработка их результатов и составление отчетов, выполнение курсовых работ, подготовка к научным докладам на семинарах и т. д.

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

Примерная оценка по 100 бальной шкале форм текущего и промежуточного контроля

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Лекции - Текущий контроль включает:

- посещение занятий _____ 10 бал.
- активное участие на лекциях _____ 15 бал.
- устный опрос, тестирование, коллоквиум _____ 60 бал.
- и др. (доклады, рефераты) _____ 15 бал.

Практика - Текущий контроль включает: (от 51 и выше - зачет)

- посещение занятий _____ 10 бал.
- активное участие на практических занятиях _____ 15 бал.
- выполнение домашних работ _____ 15 бал.
- выполнение самостоятельных работ _____ 20 бал.
- выполнение контрольных работ _____ 40 бал.

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

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

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно

«66 - 85» баллов – хорошо
«86 - 100» баллов – отлично

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

а) Сайт кафедры физики конденсированного состояния и наносистем:

<http://cathedra.dgu.ru/Default.aspx?id=1503>

Адреса блогов: <http://jkafftt.blogspot.ru/> ссылка для студентов

<http://zhfft.blogspot.ru/> ссылка для студентов

б) Основная литература:

1. Черевко А.Г. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Кристаллы и их тепловые свойств [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Черевко. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 81 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69566.html>
2. Тимохин В.М. Физика диэлектриков. Термоактивационная и диэлектрическая спектроскопия кристаллических материалов. Протонный транспорт [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Тимохин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИ-СиС, 2013. — 258 с. — 978-5-87623-677-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56586.html>
3. Ливанов Д.В. Физика металлов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Д.В. Ливанов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2006. — 280 с. — 5-87623-168-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56569.html>
4. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука, 1990. <http://old.pskgu.ru/ebooks/bbkfpp> <http://ffmgu.ru/images/5/5f>
5. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 2010. <http://www.kaf70.mephi.ru/pdf/shalimov.pdf>
6. Физика твёрдого тела / Блейкмор, Джон ; Под ред. Д.Г. Андрианова, В.И. Фистуля. - М. : Мир, 1988. - 608 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 11-12. Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 599-606. - ISBN 5-03-001256-7 : 3-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
7. Блатт, Фрэнк Дж. Физика электронной проводимости в твёрдых телах / Блатт, Фрэнк Дж. ; Пер. с англ. Г.Л. Краско и Р.А. Суриса. - М. : Мир, 1971. - 470 с. : ил. ; 22 см. - 2-22. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
8. Ашкрофт, Н. Физика твёрдого тела : [в 2-х т.]. [Т.]2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин ; пер. с англ.: К.И.Кугеля и А.С.Михайлова; под ред. М.И.Каганова. - М. : Мир, 1979. - 422 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 392-417. - 2-90. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
9. Займан, Дж. Принципы теории твёрдого тела / Займан, Дж. ; Под ред. проф. В.Л. Бонч-Бруевича. - М. : Мир, 1974. - 472 с. : с черт. ; 22 см. - Список лит.: с. 455-464. Предм. указ.: с. 465-469. - 2-21. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

10. Киттель, Чарлз. Введение в физику твёрдого тела / Киттель, Чарлз ; пер. А.А.Гусева и А.В.Пахнева; под общ. ред. А.А.Гусева. - М. : Наука, 1978. - 791 с. : ил. ; 22 см. - Список лит.: с. 769-791. - 2-10. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ
11. Тепловые свойства твёрдых тел : задания для проведения лаб. работ / М-во образования РФ, Дагест. гос. ун-т; [Сост. Палчаев Д.К., Мурлиева Ж.Х., Палчаева Х.С.] . - Махачкала : ИПЦ ДГУ, 2002. - 38 с. - 5-00.
12. Энергетический спектр фонов и тепловые свойства конденсированных сред : учебно-метод. пособие / [Д.К.Палчаев и др.]. Минобрнауки России, Дагест. гос. ун-т. - Махачкала : Изд-во ДГУ, 2014. - 55-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

Дополнительная:

1. Разумовская И.В. Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки [Электронный ресурс] / И.В. Разумовская. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2011. — 64 с. — 978-5-4263-0032-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9611.html>
 2. Гольдаде В.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2009. — 648 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11505.html>
 3. Егоров-Тисменко Ю. К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник / Ю . К. Егоров-Тисменко ; по д ред. академик а В. С. Урусова . — М.: КДУ, 2005. — 592 с
http://geo.web.ru/~ujin/books/Crystallography_and_crystallochemistry.pdf
 4. Румянцев А.В. Введение в физику конденсированного состояния вещества [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Румянцев. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2012. — 119 с. — 978-5-9971-0221-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23770.html>
 5. Анфимов И.М. Физика конденсированного состояния. Электронная структура твердых тел [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / И.М. Анфимов, С.П. Кобелева, И.В. Щемеров. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2014. — 76 с. — 978-5-87623-724-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56588.html>
 6. Штаб А.В. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / А.В. Штаб, Л.П. Арефьева. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 124 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66121.html>
 7. Новиков А.Ф. Строение вещества [Электронный ресурс] : электронные оболочки атомов. Химическая связь. Конденсированное состояние вещества. Учебное пособие / А.Ф. Новиков. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2013. — 93 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68156.html>
- 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**
1. Международная база данных Scopus по разделу физика полупроводников
<http://www.scopus.com/home.url>
 2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier по тематике физика полупроводников
<http://www.sciencedirect.com/>
 3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
 4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
 5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>

6. Ресурсы МГУ www.nanometer.ru.
7. Методы получения наноразмерных материалов/ курс лекций и руководство к лабораторным занятиям. Екатеринбург. 2007.
8. http://www.chem.spbu.ru/chem/Programs/Bak/ultradisp_sost_SS.pdf
9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>.
10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
11. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитации (<http://www.fepo.ru/>)
12. <http://www.nanometer.ru/lecture.html?id=165151&UP=156195&TP=USER>

Интернет-ресурсы

Даггосуниверситет имеет доступ к комплектам библиотечного фонда основных отечественных и зарубежных академических и отраслевых журналов по профилю подготовки магистра по направлению 03.04.02 – физика:

1. ЭБС IPRbooks: (www.iprbookshop.ru). Лицензионный договор № 6984/20 на электронно-библиотечную систему IPRbooks от 02.10.2020 г. Срок действия договора со 02.10.2020 г. по 02.10.2021 г.
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) «Университетская библиотека онлайн»: www.biblioclub.ru. Договор об оказании информационных услуг № 131-09/2010 от 01.10.2020г. Срок действия договора с 01.10.2020 до 30.09.2021 г. 537наименований.
3. 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.
4. 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.
5. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №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. Договор может пролонгироваться неограниченное количество раз, если ни одна из сторон не желает его расторгнуть.
6. Web of Science: Web of Science Core Collection базы данных Clarivate. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 07.07.2020 г. № 692 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных Clarivate в 2020 г. webofknowledge.com
7. Scopus: Scopus издательства Elsevier B.V. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 19.10.2020 г. № 1189 о предоставлении 32 лицензионного доступа к содержанию базы данных Scopus издательства Elsevier B.V. в 2020 г. <https://www.scopus.com>
8. Международное издательство Springer Nature Коллекция журналов, книг и баз данных издательства Springer Nature. Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 17.07.2020 г. № 743 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных издательства Springer Nature в 2020 г. на условиях национальной подписки <https://link.springer.com/>
9. Журналы American Physical Society. Базы данных APS (American Physical Society). Срок действия до 31.01.2021 г. Письмо РФФИ от 10.11.2020 г. № 1265 о предоставлении лицензионного доступа к содержанию баз данных American Physical Society в 2020 г. <http://journals.aps.org/about>.
10. Университетская информационная система РОССИЯ <https://uisrussia.msu.ru/>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов по металлам полупроводникам и диэлектрикам;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

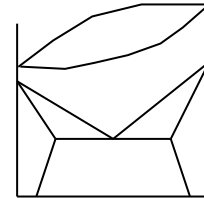
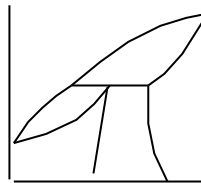
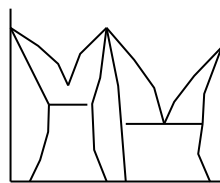
Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- моделирование процессов формирования материалов из газовой, жидкой и твердой фаз.

Типовые контрольные тестовые задания

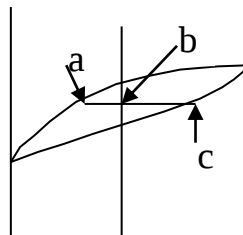
Металлы

1. Что из себя представляет металл?
 - 1) Совокупность ионов, образующих пространственную структуру и относительно сильно подвижных электронов, наделяющих вещество специфическими свойствами.
 - 2) Совокупность системы положительных, малоподвижных ионов, образующих пространственную структуру и системы свободных электронов, участвующих в проводимости тока.
 - 3) Совокупность системы положительных относительно малоподвижных ионов, образующих пространственную структуру и системы сильноподвижных электронов, наделяющих вещество специфическими электронными свойствами.
2. Что из себя представляет диаграмма сплавов, содержащая химическое соединение?
 - 1)
 - 2)
 - 3)

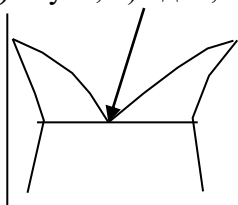


3. Концентрация жидкой фазы в двухфазной области определяется пересечения горизонтального отрезка с линией
 1. солидуса; 2) ликвидуса; 3) разделяющей фазы.
4. Согласно правилу отрезков количество жидкой фазы в сплаве (см. рис.) определяется отношением

- 1) ab/bc ; 2) bc/ac ; 3) ab/ac



5. Число степеней свободы в точке, указанной стрелкой
 - 1) нуль; 2) одна; 3) три.



5. При перетектической температуре
 2. жидкость реагирует с твердым раствором; 2) соединение разлагается;
 - 4) две твердые фазы одновременно плавятся
6. Как изменяется микротвердость от состава для сплавов, представляющих собой механическую смесь?
 3. нелинейно; 2) линейно; 3) не зависит.
7. Пластическая деформация в основном обусловлена:
 - 1) точечными дефектами; 2) линейными дефектами; 3) объемными дефектами.
8. Как зависит коэффициент диффузии от энергии межатомной связи?
 4. не зависит; 2) диффузия больше при меньшей энергии; 3) диффузии меньше при большей энергии.
9. Каков порядок в расположении атомов в металлических стеклах?
 5. полный беспорядок; 2) ближний порядок; 2) дальний порядок.
10. Каков критерий плавления?
 6. достижение предельной частоты; 2) достижение полного искажения решетки; 3) достижение предельной амплитуды.
11. Энтальпия аморфного металла:
 - 1) больше чем у кристаллического; 2) меньше чем у кристаллического; 3) такая же как у кристаллического.
12. Неограниченный ряд твердых растворов образуется, когда у исходных компонент
 7. атомы одинаковых размеров; 3) атомы одного компонента намного меньше атомов другого; 2) одинаковые кристаллические решетки.
13. Металл нагрели на $2/3$ от $T_{пл}$ и медленно охладили – процесс называется отжигом; 2) закалкой; 3) отпуском

Полупроводники

1. Зависимость кинетической энергии свободного электрона от волнового числа:
 - 1) E_k не зависит от волнового числа k .
 - 2) E_k зависит линейно.
 - 3) E_k зависит квадратично.
 - 4) E_k зависит суперлинейно.
2. Плотность электронных состояний:
 1. Это число элементарных фазовых ячеек в пространстве импульсов, зависящее линейно от энергии свободных электронов;
 2. Это число элементарных фазовых ячеек в пространстве импульсов, приходящихся на единичный интервал энергии и не зависящее от энергии;
 3. Это число элементарных фазовых ячеек в пространстве импульсов, приходящихся на единичный интервал энергии и единичный объем обычного пространства.
 4. Это число элементарных фазовых ячеек, приходящихся на единичный интервал энергии и являющееся полуквадратичной функцией E (энергии).
3. Функция Ферми определяет вероятность заполнения электронами элементарной фазовой ячейки, которой соответствует энергии E и выражается следующей формулой:

$$1) f_{\phi} = \frac{1}{e^{\frac{E-E_{\phi}}{kT}} + 1};$$

$$2) f_{\phi} = e^{\frac{E-E_{\phi}}{kT}};$$

$$3) f_{\phi} = e^{\frac{E_{\phi}}{kT}};$$

$$4) f_{\phi} = A \cdot e^{\frac{E}{kT}}.$$

$$5) f_{\phi} = \frac{1}{e^{\frac{E_{\phi}-E}{kT}} - 1}$$

4. Уровень Ферми соответствует энергии электронов свободного газа:

- 1) при $T=0$;
- 2) при $T \neq 0$;
- 3) заполняется на половину при $T=0$.
- 5) соответствует уровню доноров при $T \neq 0$.

5. Эффективная масса определяется:

$$1) \text{ как } m^* = \frac{F}{d} \text{ (второй закон Ньютона);}$$

$$2) \text{ как } m^* = \frac{1}{\hbar} \frac{dE}{dk};$$

$$3) \text{ как } m^* = \frac{1}{\frac{1}{\hbar^2} \cdot \frac{d^2 E}{dk^2}};$$

4) масса электрона в кристалле остается величиной постоянной $m^* = m_e = const$.

6. Примесные уровни создаются:

- 1) в зоне проводимости полупроводника.;
- 2) в валентной зоне полупроводника;
- 3) в запрещенной зоне полупроводника;
- 4) во всех зонах при $T=0$.

7. Под энергией ионизации донора подразумевается:

- 1) ширина зоны проводимости;
- 2) ширина валентной зоны;
- 3) ширина запрещенной зоны;
- 4) расстояние от дна зоны проводимости до донора.
- 5) расстояние от потолка валентной зоны до уровня донора.

8. Равновесные носители заряда:

- 1) носители заряда, созданные оптическим возбуждением;
- 2) носители заряда, созданные рентгеновским излучением;
- 3) носители заряда, созданные термической генерацией.
- 4) носители заряда, созданные примесями при их возбуждении потоком частиц.

9. Распределение электронов по энергетическим состояниям на дискретных донорных уровнях:

$$1) n_d = \frac{N_D}{\frac{1}{2} e^{\frac{E_D-E_{\phi}}{kT}} + 1};$$

$$2) n_d = \frac{N_D}{2e^{\frac{E_D - E_F}{kT}} + 1};$$

$$3) n_d = \frac{N_D}{e^{\frac{E_D - E_F}{kT}} + 1};$$

$$4) n_d = \frac{N_D}{\frac{1}{2}e^{\frac{E_F - E_D}{kT}} + 1}$$

10. В собственном полупроводнике уровень Ферми E_F совпадает с серединой запрещенной зоны E_i :

- 1) при $m_n = m_p$;
- 2) при $T = 0$;
- 3) при $T \neq 0$;
- 4) при $m_n > m_p$.

11. В невырожденном полупроводнике справедлив закон действующих масс:

- 1) при любой температуре;
- 2) только при комнатной температуре;
- 3) при $T = 0$;
- 4) при любой температуре, если $n_0 > p_0$.

12. В примесном невырожденном полупроводнике уровень Ферми можно выразить при любой температуре

$$1) E_F = \frac{E_c + E_v}{2} + kT \ln \left(\frac{N_v}{N_c} \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$2) E_F = \frac{E_c + E_v}{2};$$

$$3) E_F = \frac{E_c + E_D}{2} + \frac{kT}{2} \ln \left(\frac{N_D}{2N_c} \right);$$

$$4) E_F = \frac{E_c + E_D}{2}.$$

13. Зависимость электропроводности от температуры:

- 1) зависит линейно от температуры;
- 2) экспоненциально;
- 3) не зависит;
- 4) уменьшается с увеличением температуры.

14. Поперечное магнитное поле под действием силы Лоренца приводит:

- 1) к увеличению скорости дрейфовых носителей вдоль дрейфа;
- 2) к отклонению носителей под углом 45° к дрейфу;
- 3) к отклонению носителей в направлении перпендикулярном к дрейфу;
- 4) к отклонению носителей под углом 90° к дрейфу.

15. Магниторезистивный эффект приводит к :

- 1) уменьшению эффективной длины свободного пробега электрона;
- 2) увеличению эффективной длины свободного пробега электрона;

3) не влияет на эффективную длину свободного пробега электрона.

16. Связь между дрейфовой подвижностью μ и коэффициентом диффузии D для любых носителей выражается:

- 1) μ_n – прямо пропорциональна коэффициенту диффузии;
- 2) μ_n – обратно пропорциональна коэффициенту диффузии;
- 3) μ_n – не зависит от коэффициента диффузии;
- 4) μ_n – экспоненциально зависит от коэффициента диффузии.

17. Дебаевская длина экранирования представляет собой расстояние, на котором избыточная концентрация основных неравновесных носителей заряда в примесном полупроводнике:

- 1) удваивается;
- 2) уменьшается в 100 раз;
- 3) увеличивается с увеличением размеров кристалла;
- 4) уменьшается в «е» раз.

18. Глубина затягивания неравновесных носителей заряда характеризует их диффузию и дрейф. Для электронов глубина затягивания по полю L_1 :

- 1) $L_1 < L_n$ (где L_n – диффузионная длина);
- 2) $L_1 > L_n$;
- 3) $L_1 = L_n$.

19. Ловушка захвата и рекомбинационные ловушки разделяются демаркационными уровнями, для которых вероятности рекомбинации K_R и тепловой генерации K_T носителей заряда находятся в соотношении:

- 1) $K_R > K_T$;
- 2) $K_R < K_T$;
- 3) $K_R = K_T$.

20. Контактная разность потенциалов в системе «полупроводник n-типа – металл» при условии $W_n < W_m$ распределена преимущественно:

- 1) поверхностном слое полупроводника;
- 2) в приповерхностном слое металла;
- 3) в тонком вакуумном зазоре;
- 4) равномерно по полупроводнику.

21. Если поверхность полупроводника (поверхностные состояния) заряжена отрицательно, то в приповерхностном энергетическом слое зоны:

- 1) изгибаются вверх;
- 2) изгибаются вниз;
- 3) изгиб зон не происходит.

Диэлектрики

1. Вектор поляризации это:

- 1) векторная сумма дипольных моментов всех молекул в кристалле;
- 2) векторная сумма всех дипольных моментов в единице объема;
- 3) векторная сумма дипольных моментов всех полярных молекул в единице объема;
- 4) векторная сумма дипольных моментов всех полярных молекул, находящихся в кристалле.

2. Вектор поляризации от температуры:

- 1) не зависит;
- 2) растет пропорционально температуре;
- 3) зависит по экспоненциальному закону;
- 4) не зависит для атомной поляризации, но зависит для других видов поляризации.

3. Вектор поляризации от напряженности внешнего электрического поля:

- 1) не зависит;
- 2) зависит прямо пропорционально;
- 3) зависит по экспоненциальному закону;
- 4) меняется в зависимости от вида поляризации.

4. Вектор поляризации от частоты внешнего поля:

- 1) не зависит;
- 2) зависит ориентационная поляризация;
- 3) растет с ростом частоты;
- 4) уменьшается с ростом частоты.

5. Внутреннее поле в диэлектрике от вектора поляризации:

- 1) не зависит;
- 2) зависит пропорционально вектору поляризации;

- 3) уменьшается; 4) растет по экспоненциальному закону.
6. Величина внутреннего поля от диэлектрической проницаемости:
- 1) растет пропорционально диэлектрической проницаемости;
 - 2) не зависит; 3) уменьшается с ростом диэлектрической проницаемости; 4) растет по экспоненциальному закону.
7. Уравнение $\text{div} D = 4\pi\rho$ справедливо, если:
- 1) ρ - поверхностная плотность свободных и связанных зарядов;
 - 2) ρ - объемная плотность связанных зарядов;
 - 3) ρ - поверхностная плотность свободных зарядов;
 - 4) ρ - объемная плотность связанных и свободных зарядов.
8. Для однородных диэлектриков:
- 1) $\text{div} P = 0$; 2) $\text{div} P \neq 0$; 3) $\text{div} P = 4\pi\rho$; 4) $\text{div} P = D$ (где ρ - объемная плотность связанных зарядов).
9. Для неоднородных диэлектриков:
- 1) $\text{div} P = 0$; 2) $\text{div} P \neq 0$; 3) $\text{div} D = 0$; 4) $\text{div} P = 4\pi\rho$.
10. В равномерно поляризованной пластине внутреннее поле равно:
- 1) $E_i = 2\pi\sigma$; 2) $E_i = 4\pi\sigma$; 3) $E_i = -4\pi\rho$; 4) $E_i = -4\pi\vec{P} + \vec{E}_0$.
11. В диэлектрическом равномерно поляризованном шаре, находящемся во внешнем однородном поле E_0 , внутреннее поле равно:
- 1) $E_i = E_0 - 4\pi\vec{P}$; 2) $E_i = E_0 + 4\pi\vec{P}$; 3) $E_i = E_0 - \frac{4\pi}{3}\vec{P}$; 4) $E_i = E_0 + \frac{4\pi}{3}\vec{P}$.
12. Внутреннее поле в диэлектрическом эллипсоиде равно:
- 1) $E_i = E_0 - 4\pi\vec{P}N$, где N - деполяризующий фактор;
 - 2) $E_i = E_0 + 4\pi\vec{P}$; 3) $E_i = E_0 - \frac{4\pi}{3}\vec{P}$; 4) $E_i = E_0 - 4\pi\vec{P}$.
13. Деполяризующее поле равно:
- 1) $E_i = E_0 + 4\pi\beta N$, где N - деполяризующий фактор
 - 2) $\vec{E}_i = -\frac{3\epsilon N}{2\epsilon + 1}\vec{E}_0$; 3) $E_i = -\frac{3\pi\vec{P}}{3}N$; 4) $E_i = 4\pi N\vec{P}$.
14. Внутреннее поле в диэлектрическом шаре, находящемся в однородной среде с диэлектрической проницаемостью ϵ_e равно:
- 1) $E_i = 4\pi\rho\epsilon_e$; 2) $E_i = \frac{4\pi}{3\epsilon_e}\rho$; 3) $E_i = \frac{3\epsilon_e}{\epsilon_i + 2\epsilon_e}E_0$; 4) $E_i = \frac{3\epsilon_r}{\epsilon_r + N(\epsilon_i - \epsilon_r)}E_0$
15. Зависимость поляризации термоэлектриков от температуры:
- 1) термоэлектрическое состояние усиливается пропорционально температуре при невысоких температурах; 2) уменьшается с ростом температуры;
 - 3) растет экспоненциально; 4) уменьшается экспоненциально.
16. Времена релаксации термоэлектрического состояния для гомо- и гетерозарядов:
- 1) одинаковы; 2) для гомозарядов время больше; 3) для гетерозарядов время больше; 4) не зависит от зарядового состояния.
17. Сегнетоэлектричество обнаруживается в кристаллах:
- 1) кубической системы; 2) гексагональной системы; 3) без центра симметрии; 4) не зависит от симметрии кристаллов.

18. Пьезоэлектричество обнаруживается во всех:

- 1) полярных кристаллах; 2) неполярных кристаллах;
ионных кристаллах; 3) без центра симметрии

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

1. Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPointViewer), AdobeAcrobatReader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

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

1. Закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков исследования свойств и обработки данных обеспечивается в последующем в лабораториях при проведении Специального физического практикума (Б1.В.ОД.16). При проведении занятий используются лаборатории, оснащенные современным технологическим и измерительным оборудованием.
2. При изложении теоретического материала используется лекционная аудитория, оснащенная проекционным оборудованием и интерактивной доской. Кафедра располагает необходимыми установками, технологическим оборудованием, приборами, не только для выполнения специального физического практикума, но и выполнения соответствующих курсовых и диссертационных работ. Имеется богатая библиотека, в том числе электронные книги, копии периодических изданий и т. д.