



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:
Вариативная по выбору

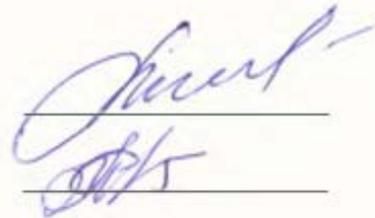
Махачкала 2020

Рабочая программа дисциплины «Физика металлов, полупроводников и диэлектриков» составлена в 2020 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – Физика, профиль подготовки «Фундаментальная физика» (уровень: бакалавриат) от «07» августа 2014 г. №937.

Разработчики: кафедра физики конденсированного состояния и наносистем.

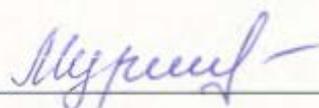
Палчаев Д.К., д.ф.-м.н., профессор

Хамидов М.М., д.ф.-м.н., профессор



Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры физики конденсированного состояния и наносистем от «22» 02 2020г., протокол № 6

/ Зав.кафедрой  Рабаданов М.Х.
на заседании методической комиссии физического факультета от «28»
02 2020 г., протокол № 6.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласовано с учебно-методическим управлением «23» 03 2020 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: общекультурных – ОК-7, общепрофессиональных – ОПК-2, профессиональных – ПК-1, ПК-2, ПК-5.

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 144 часа, 4зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Се- местр	Учебные занятия						Форма промежу- точной аттеста- ции (зачет, диф- ференцированный зачет, экзамен	
	в том числе							
	Все- го	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экза- мен
		Лек- ции	Лаборатор- ные заня- тия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации		
5	144	32		32			80	Зачет с оценкой

1. Цели освоения дисциплины

Цель спецкурса 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 твердых тел, об изменении величины и типа электропроводности; о контактных явлениях на границе металл-полупроводник и полупроводник - полупроводник - n- и p-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.10.1.** «Физика металлов, полупроводников и диэлектриков» входит вариативную часть образовательной программы (ФГОС ВО) бакалавриата по направлению 03.03.02– «Физика», профиля подготовки «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 принципах 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.

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК – 7	способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • способы реализации самоорганизации • способы, обеспечивающие реализацию самообразование • способы организации самостоятельной работы для содержания дисциплины <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ставить перед собой цели и формулировать задачи, определять и привлекать необходимые ресурсы для их достижения. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами организации и планирования самостоятельной деятельности и рационального использования времени, необходимых для достижения поставленных целей и задач; • способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию.
ОПК-2	Способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы современной физики конденсированных сред; • фундаментальные разделы математики, позволяющие расшифровать теоретические положения физики конденсированных сред; • теоретические модели, формирования структуры и электрических, тепловых, магнитных, механических свойств конденсированных сред. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять, как формируются температурные зависимости свойств металлов полупроводни-

		<p>ков и диэлектриков.</p> <ul style="list-style-type: none"> теоретические расшифровывать теоретические модели при интерпретации соответствующих свойств конденсированных сред <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> методами работы с современными образовательными и информационными технологиями, связанных с установлением условий формирования структуры и свойств конденсированных сред. современной физической аппаратурой и оборудованием для измерения температурных зависимостей свойств конденсированных сред.
ПК-1	Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> Знать суть явлений, происходящих при формировании структуры и свойств металлов полупроводников и диэлектриков. Как проводить научные исследования для установления структуры и свойств конденсированных сред. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> критически анализировать и излагать получаемую информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами применять полученные знания в области физики при исследованиях и решениях задач связанных с интерпретацией структуры и свойств. пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в этой области знаний. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований навыками использования современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования); навыками реализации информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.
ПК-2	Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> типы связей в конденсированных средах; базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики явлений, наблюдаемых в металлах полупроводниках и диэлектриках <p>давать интерпретацию температурным зависимостям свойств металлов, полупроводников и</p>

		<p>диэлектриков.</p> <ul style="list-style-type: none"> использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для интерпретации явлений, происходящих в металлах полупроводниках и диэлектриках <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации для интерпретации свойств металлах полупроводниках и диэлектриках. методами измерения температурных зависимостей свойств металлов полупроводников и диэлектриков. разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.
ПК-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> основы метода измерения температурных зависимостей электросопротивления и теплового расширения твердых тел в одном эксперименте; принципы формирования температурных зависимостей электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств конденсированных сред; <ul style="list-style-type: none"> связь структуры с электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств конденсированных сред. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации при интерпретации структуры и свойств; применять полученные знания при экспериментальных исследованиях и их интерпретации; проводить научные исследования структуры и свойств на высокотехнологичном оборудовании <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> инновационными методами исследований структуры равновесных и неравновесных свойств металлов, полупроводников и диэлектриков; методами термодинамических расчетов реакций и навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой.

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часов.

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учеб. раб., включая самост. раб. студ. и трудоемкость (в часах)	самостоят. работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
-------	-------------------	---------	-----------------	--	-------------------	---

				Лекции	Прак. зан.	Лаб. зан.	Контр. сам. Раб.		
Модуль 1.									
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	7	1-4	6	2			9	Семинарское занятие. Тесты
2.	Металлическое состояние вещества. Классификация металлов. Общая характеристика металлических сплавов. Диаграммы состояний и изменение физических свойств сплавов от состава. Правило рычага. Построение диаграмм состояний. Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью компонентов. Диаграмма состояния для сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.	7	5-8	6	2			9	Семинарское занятие. Контрольная работа
Рубежная контрольная сам. работа							2		
Итого за модуль: 36 ч.				12	4		2	18	
Модуль 2.									
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 металлических расплавов.	7	9-12	6	2			9	Семинарское занятие. Тесты
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.	7	13-16	6	2			9	Семинарское занятие. Контрольная работа
Рубежная контрольная сам. работа							2		
Итого за модуль: 36 ч.				12	4		2	18	
Модуль 3.									

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.	7		4	12		2	9	Семинарское занятие Тесты
Рубежная контрольная сам. работа							2		
Итого за модуль: 36 ч.									
Модуль 4.									
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.		5-6	4	12		2	9	Семинарское занятие Контрольная работа
Рубежная контрольная сам. работа			7-8		12		2		
Итого за модуль: 36 ч.				8	24		4	18	
Итого: 144 ч.				32	32		8	72	

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 металлических 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.

Для выполнения физического практикума и подготовке к практическим (семинарским) занятиям изданы учебно-методические пособия и разработки, которые в сочетании с внеаудиторной работой способствуют формированию и развития профессиональных навыков обучающихся. В процессе лабораторного практикума формируется у студентов умение производить расчеты с помощью пакета стандартных компьютерных математических программ, что позволяет существенно приблизить уровень культуры статистической обработки результатов измерений в практикуме к современным стандартам, принятым в науке и производственной деятельности. На этих занятиях студенты закрепляют навыки (приобретенные на 1-2 курсах) по оценке погрешностей результатов измерений, что совершенно необходимо для работы в специальных учебных и производственных лабораториях.

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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

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

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций (<i>соответствии с ПООП (при наличии)</i>)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Процедура освоения
ОК – 7	Способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • способы реализации самоорганизации • способы, обеспечивающие реализацию самообразование • способы организации самостоятельной работы для содержания дисциплины <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ставить перед собой цели и формулировать задачи, определять и привлекать необхо- 	Устный опрос, письменный опрос

		<p>димые ресурсы для их достижения.</p> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами организации и планирования самостоятельной деятельности и рационального использования времени, необходимых для достижения поставленных целей и задач; • способами самоконтроля, самоанализа, демонстрировать стремление к самосовершенствованию. 	
ОПК-2	Способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы современной физики конденсированных сред; • фундаментальные разделы математики, позволяющие расшифровать теоретические положения физики конденсированных сред; • теоретические модели призванные учитывать эффект ангармонизма при интерпретации свойств конденсированных сред. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • определять значимость эффекта ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред. • определять пределы возможности интерпретировать свойствам конденсированных сред обусловленные эффектом ангармонизма <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами работы с современными образовательными и информационными технологиями, связанных с установлением роли эффекта ангармонизма колебаний атомов • современной физической аппаратурой и оборудованием для измерения температурных зависимостей свойств однозначно определяемых ангармонизмом колебаний атомов; • методом оценки вклада ангармонизма колебаний атомов в формировании свойств. 	Устный опрос, письменный опрос
ПК-1	Способностью использовать специализированные знания в области физики для	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Знать суть эффекта ангармонизма колебаний кристаллической решетки. 	Устный опрос, письменный опрос

	<p>освоения профильных физических дисциплин</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Как проводить научные исследования для понимания роли ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред; • Какие свойства конденсированных сред обусловлены эффектом ангармонизма колебаний атомов в среднем по решетке. • Умеет: • критически анализировать и излагать получаемую информацию, пользоваться учебной литературой, Internet – ресурсами • применять полученные знания в области физики при решении задач связанных с интерпретацией свойств с учетом ангармонизма. • пользоваться современной приборной базой для проведения экспериментальных и (или) теоретических физических исследований в этой области знаний. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками проведения научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований • навыками использования современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования); • навыками реализации информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта. 	
ПК-2		<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • типы связей в конденсированных средах; • базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики; • методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области физики конденсированного состояния; • физические основы ангармонизма колебаний атомов и значимость этого эффекта в фор- 	

		<p>мировании свойств конденсированных сред.</p> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области физики явлений обусловленных ангармонизмом колебаний решетки атомов; • использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для интерпретации явлений обусловленных ангармонизмом колебаний атомов <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методикой и теоретическими основами анализа экспериментальной и теоретической информации, позволяющей учитывать ангармонизм колебаний решетки атомов; • методами измерения температурных зависимостей теплопроводности и теплового расширения явлений, непосредственно связанных с ангармонизмом колебаний решетки атомов. • разделами физики, необходимыми для решения научно – инновационных задач и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности. 	
ПК-5	Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы метода измерения температурных зависимостей электросопротивления и теплового расширения твердых тел в одном эксперименте; • принципы формирования температурных зависимостей электрических, тепловых, магнитных, механических и оптических свойств конденсированных сред; • связь структуры с основными свойствами конденсированных сред и роль ангармонизма в формировании свойств конденсированных сред. <p>Умеет:</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> • пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации при интерпретации структуры и свойств; • применять полученные знания при решении задач по учету ангармонизмом колебаний; • проводить научные исследования в области физики с помощью современной приборной • Владеет: • инновационными методами исследований структуры равновесных и неравновесных свойств, определяемых ангармонизмом колебаний; • методами термодинамических расчетов реакций и навыками решения задач по интерпретации связи свойств со структурой. 	
--	--	--	--

7.2. 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.
6. Диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение.
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. P-n-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, подготовка к научным докладам на семинарах и т. д.

7.3 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»-балльную систему:

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

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

Литература

Основная:

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 МИСиС, 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 Росаккредагентства (<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: <http://www.iprbookshop.ru/> Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг. (доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания(*доступ будет продлен*).
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
13. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок
14. SCOPUS <https://www.scopus.com> Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору №Scopus/73 от 08 августа 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-

победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

15. Web of Science - webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно лицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 гг., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017г. (*доступ будет продлен*)
16. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). - база данных зарубежных – диссертации. Доступ продлен согласно лицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
17. Sage - мультидисциплинарная полнотекстовая база данных. Доступ продлен на основании лицензионного договора № Sage/73 от 09.01.2017 <http://online.sagepub.com/> Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
18. American Chemical Society. Доступ продлен на основании лицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)
19. Science (академическому журналу The American Association for the Advancement of Science (AAAS) <http://www.sciencemag.org/>. Доступ продлен на основании лицензионного договора № 01.08.2017г. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017г. (*доступ будет продлен*)

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 нанотехнологиям;
- 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

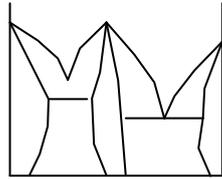
Металлы

1. Что из себя представляет металл?

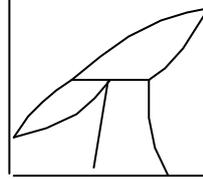
- 1) Совокупность ионов, образующих пространственную структуру и относительно сильно подвижных электронов, наделяющих вещество специфическими свойствами.
- 2) Совокупность системы положительных, малоподвижных ионов, образующих пространственную структуру и системы свободных электронов, участвующих в проводимости 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?

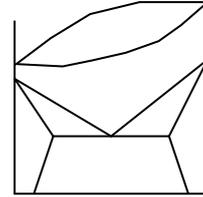
1)



2)



3)

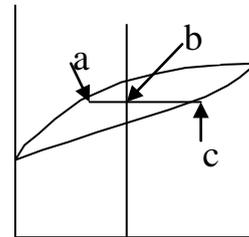


3. Концентрация жидкой фазы в двухфазной области определяется пересечения горизонтального отрезка с линией

- 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. При перетектической температуре

- 1) жидкость реагирует с твердым раствором; 2) соединение разлагается;
3) две твердые фазы одновременно плавятся

6. Как изменяется микротвердость от состава для сплавов, представляющих собой механическую смесь?

- 1) 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?

- 1) не зависит; 2) диффузия больше при меньшей энергии;
3) диффузии меньше при большей энергии.

9. Каков порядок в расположении атомов в металлических стеклах?

- 1) полный беспорядок; 2) ближний порядок; 3) дальний порядок.

10. Каков критерий плавления?

- 1) 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

- 1) атомы одинаковых размеров; 2) атомы одного компонента намного меньше атомов другого;
3) одинаковые кристаллические решетки.

13. Металл нагрели на $2/3$ от $T_{пл}$ и медленно охладили – процесс называется:

- 1) 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:

$$1) f_\phi = \frac{1}{e^{\frac{E-E_\phi}{kT}} + 1}; \quad 2) f_\phi = e^{-\frac{E-E_\phi}{kT}}; \quad 3) f_\phi = e^{\frac{E_\phi}{kT}};$$

$$4) f_\phi = A \cdot e^{\frac{E}{kT}}. \quad 5) f_\phi = \frac{1}{e^{\frac{E_\phi-E}{kT}} - 1}$$

4. Уровень Ферми соответствует энергии электронов свободного газа:

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

5. Эффективная масса определяется:

$$1) \text{ как } m^* = \frac{F}{d} \text{ (второй закон Ньютона);} \quad 2) \text{ как } m^* = \frac{1}{\hbar} \frac{dE}{dk}; \quad 3) \text{ как } m^* = \frac{1}{\frac{1}{\hbar^2} \cdot \frac{d^2 E}{dk^2}};$$

- 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:

$$1) n_d = \frac{N_D}{\frac{1}{2} e^{\frac{E_D - E_\Phi}{kT}} + 1}; \quad 2) n_d = \frac{N_D}{2e^{\frac{E_D - E_\Phi}{kT}} + 1}; \quad 3) n_d = \frac{N_D}{e^{\frac{E_D - E_\Phi}{kT}} + 1}; \quad 4) n_d = \frac{N_D}{\frac{1}{2} e^{\frac{E_\Phi - E_D}{kT}} + 1}$$

10. В собственном полупроводнике уровень Ферми E_Φ 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

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

$$3) E_\Phi = \frac{E_c + E_D}{2} + \frac{kT}{2} \ln \left(\frac{N_D}{2N_c} \right); \quad 4) E_\Phi = \frac{E_c + E_D}{2}.$$

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 «e» 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) на 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 $\text{div} \mathbf{D} = 4\pi\rho$ 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) $\text{div} \mathbf{P} = 0$;
 - 2) $\text{div} \mathbf{P} \neq 0$;
 - 3) $\text{div} \mathbf{P} = 4\pi\rho$;
 - 4) $\text{div} \mathbf{P} = D$
- (где ρ - объемная плотность связанных зарядов).

9. Для неоднородных диэлектриков:

- 1) $\text{div} \mathbf{P} = 0$;
- 2) $\text{div} \mathbf{P} \neq 0$;
- 3) $\text{div} \mathbf{D} = 0$;
- 4) $\text{div} \mathbf{P} = 4\pi\rho$.

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) $E_i = -4\pi\bar{P} + \bar{E}_0$.

11. В диэлектрическом равномерно поляризованном шаре, находящемся во внешнем однородном поле E_0 , внутреннее поле равно:

- 1) $E_i = E_0 - 4\pi\bar{P}$;
- 2) $E_i = E_0 + 4\pi\bar{P}$;
- 3) $E_i = E_0 - \frac{4\pi}{3}\bar{P}$;
- 4) $E_i = E_0 + \frac{4\pi}{3}\bar{P}$.

12. Внутреннее поле в диэлектрическом эллипсоиде равно:

- 1) $E_i = E_0 - 4\pi N$, где N – деполаризующий фактор;

$$2) E_i = E_0 + 4\pi\bar{P}; \quad 3) E_i = E_0 - \frac{4\pi}{3}\bar{P}; \quad 4) E_i = E_0 - 4\pi\bar{P}.$$

13. Деполяризирующее поле равно:

1) $E_i = E_0 + 4\pi\beta N$, где N – деполяризирующий фактор

$$2) \bar{E}_i = -\frac{3\epsilon_e N}{2\epsilon_e + 1} \bar{E}_0; \quad 3) E_i = -\frac{3\pi\bar{P}}{3} N; \quad 4) E_i = 4\pi N\bar{P}.$$

14. Внутреннее поле в диэлектрическом шаре, находящемся в однородной среде с диэлектрической проницаемостью ϵ_e равно:

$$1) E_i = 4\pi\rho\epsilon_e; \quad 2) E_i = \frac{4\pi}{3\epsilon_e}\rho; \quad 3) E_i = \frac{3\epsilon_e}{\epsilon_i + 2\epsilon_e} E_0; \quad 4) E_i = \frac{3\epsilon_r}{\epsilon_r + N(\epsilon_i - \epsilon_r)} E_0$$

15. Зависимость поляризации термоэлектретов от температуры:

- 1) термоэлектродное состояние усиливается пропорционально температуре при невысоких температурах;
- 2) уменьшается с ростом температуры;
- 3) растет экспоненциально;
- 4) уменьшается экспоненциально.

16. Времена релаксации термоэлектретного 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;
- 3) ионных кристаллах;
- 4) 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), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
2. Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, 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.