



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
И.Ю. Мезин

17.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА***

Направление подготовки (специальность)  
03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ (уровень подготовки кадров высшей квалификации). (приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 867)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
06.02.2020, протокол № 5

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
17.02.2020 г. протокол № 6

Председатель \_\_\_\_\_ И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук \_\_\_\_\_ Г.А. Дубский

Рецензент:

зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук \_\_\_\_\_ О.С. Логунова

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Цель изучения дисциплины - формирование научной основы для осознанного и целенаправленного использования свойств твердых тел, в первую очередь – полупроводников, при создании элементов, приборов и устройств микро и наноэлектроники.

Задачами курса служат расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения фундаментальных результатов физики твердого тела и способов практического использования свойств твердых тел, развитие понимания взаимосвязи структуры и состава твердых тел, и многообразия их физических свойств, практическое овладение методами теоретического описания и основными теоретическими моделями твердого тела, навыками постановки физического эксперимента по изучению свойств твердых тел и основными экспериментальными методиками, создание основы для последующего изучения вопросов физики полупроводниковых приборов, включая элементы и приборы наноэлектроники, физики низкоразмерных систем, твердотельной электроники и технологии микро- и наноэлектроники.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Физика конденсированного состояния вещества входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика конденсированного состояния вещества

Структуры и физические свойства конденсированного углерода и нанougлерода

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Методы обработки экспериментальных данных

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физика конденсированного состояния вещества» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
Знать	Основные концепции современной ФКС
Уметь	использовать положения ФКС для анализа и оценивания различных фактов и явлений
Владеть	навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в.т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития
УК-2 способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	

Знать	основные направления, проблемы, теории и методы ФКС, содержание современных дискуссий по проблеме развития ФКС
Уметь	формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам ФКС, использовать положения и категории ФКС для оценивания и анализа различных тенденций, фактов и явлений
Владеть	навыками восприятия и анализа текстов, имеющих естественнонаучное содержание, приемами ведения дискуссии и полемики, навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения
УК-3 готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	
Знать	методы критического анализа и оценки современных научных достижений, методы генерирования новых идей при решении исследовательских практических задач, в том числе междисциплинарных областях, методы научно-исследовательской деятельности
Уметь	анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные результаты реализации этих вариантов
Владеть	навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера возникающих в науке на современном этапе его развития, владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований
УК-4 готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках	
Знать	особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах
Уметь	следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач
Владеть	технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке
УК-5 способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	
Знать	основные направления, проблемы, теории и методы, перспективы профессионального и личностного развития
Уметь	выделять и систематизировать основные идеи; критически оценивать существующие теории и методы; формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам профессионального и личностного развития.
Владеть	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; приемами ведения дискуссии полемики; навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения.

ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
Знать	основные направления, проблемы, теории и методы профессиональной области; современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии
Уметь	выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам профессиональной области; применять современные методики и приемы для решения профессиональных задач.
Владеть	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований; навыками применения современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.
ОПК-2 готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	
Знать	основные этапы организации работы коллектива по основным образовательным программам
Уметь	самостоятельно определять порядок выполнения работ
Владеть	способностью самостоятельной организации работы коллектива, методами планирования, подготовки, проведения занятий по основным образовательным программам высшего образования
ПК-1 Способность свободно владеть фундаментальными и прикладными разделами физики и математики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач по физике конденсированного состояния, в том числе и по физике наноструктурных объектов.	
Знать	основные направления, проблемы, теории и методы ФКС; перспективы развития исследований ФКС
Уметь	выделять и систематизировать основные идеи; критически оценивать существующие теории и методы; формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам в теории и практике ФКС.
Владеть	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; приемами ведения дискуссии полемики; навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения.
ПК-3 Способность планировать, организовывать, проводить исследование и анализировать полученные научные результаты по направлению физика конденсированного состояния.	
Знать	основные методы научно-исследовательского исследования ФКС
Уметь	выделять и анализировать особенности профессиональной деятельности в ФКС
Владеть	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации данных при исследованиях ФКС

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 46 акад. часов;
- аудиторная – 46 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов
- самостоятельная работа – 62 акад. часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Типы конденсированных сред, симметрия и структура кристаллов								
1.1 Основные характеристики и свойства кристаллических, неупорядоченных и аморфных твердых тел и жидких кристаллов. Определение структуры простейших решеток по данным рентгеноструктурного анализа. Методы описания и механизмы взаимодействия электрического и электромагнитного поля с решеткой. Динамика	2	3/2И		3	8	1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	
Итого по разделу		3/2И		3	8			
2. Свободный электронный газ в полупроводниках и металлах.								
2.1 Расчеты кинетических характеристик твердых тел в приближении свободного электронного газа.	2	3		3	7	1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	
Итого по разделу		3		3	7			
3. Зонная теория и ее приложения.								

3.1	Основные приближения зонной теории, свойства блоховского электрона, и особенности энергетического спектра электрона в кристалле, понятие эффективной массы. Классификация твердых тел на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Особенности зонной структуры основных полупроводников, параметры зонной структуры, определяющие возможность и эффективность использования данного полупроводника для конкретных практических приложений. Типы и роль примесей в полупроводниках. Статистика равновесных носителей заряда. Методы описания мелких и глубоких примесных состояний, методы расчета положения уровня Ферми в полупроводнике, особенности температурной зависимости концентрации носителей заряда, основные эффекты, проявляющиеся при высоком уровне легирования.	2	3/2И		3	10	1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	
Итого по разделу			3/2И		3	10			
4. Неравновесные носители заряда									
4.1	Генерация, рекомбинация, диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда.	2	3/2И		3	10	1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	
Итого по разделу			3/2И		3	10			
5. Магнетики, сверхпроводники.									



5.1 Физическая природа магнетизма, основные типы магнетиков. Свойства и основные типы сверхпроводников, макро- и микроскопические модели сверхпроводимости.	2	3/2И		3	10	1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	
Итого по разделу		3/2И		3	10			
6. Поверхность и контактные явления.								
6.1 Контактные явления в металлах и полупроводниках	2	3		3	5	1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	
Итого по разделу		3		3	5			
7. Основные экспериментальные методы изучения структуры, электрических и магнитных свойств твердых тел.								
7.1 Методы экспериментального определения электропроводности и концентрации носителей заряда в твердом теле, ширины запрещенной зоны, концентрации, подвижности, времени жизни, коэффициента диффузии носителей заряда в полупроводнике.	2	5		5	12	1. Подготовка к практическому занятию 2. Выполнение практической работы 3. Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	1. Беседа - обсуждение 2. Устный опрос.	
Итого по разделу		5		5	12			
Итого за семестр		23/8И		23	62		зао	
Итого по дисциплине		23/8 И		23	62		зачет с оценкой	

## 5 Образовательные технологии

При реализации различных видов учебной работы наиболее эффективные результаты освоения дисциплины дают традиционные образовательные технологии, технологии проблемного обучения, интерактивные технологии, информационно-коммуникационные образовательные технологии.

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция - последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Семинар – беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

Лабораторно-практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

1. Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее за-планированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия.

2. Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных

технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Семинарское занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Физика твердого тела : учебное пособие [для вузов] / Г. А. Дубский [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3822.pdf&show=dcatalogues/1/1530258/3822.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - ISBN 978-5-9967-1594-7. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния : учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили, Е. В. Шалагина, Н. А. Каляева, Е. А. Попкова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2431-3. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91292>. (дата обращения: 23.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кульков, В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении : учебное пособие / В. Г. Кульков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2379-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90003>. (дата обращения: 23.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Дубский, Г. А. Физика конденсированного состояния вещества : лабораторный практикум / Г. А. Дубский, А. А. Нефедьев, Т. Я. Дубская ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2014 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1445.pdf&show=dcatalogues/1/1123966/1445.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны
2. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния : учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили, Е. В. Шалагина, Н. А. Каляева, Е. А. Попкова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2431-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91292> (дата обращения: 20.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кульков, В. Г. Физика конденсированного состояния в электротехническом материаловедении : учебное пособие / В. Г. Кульков. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-2379-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90003> (дата обращения: 20.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**в) Методические указания:**

1. Дубский Г.А. Физика конденсированного состояния вещества: лабораторный практикум / Г.А. Дубский, А.А. Нефедьев, Т.Я. Дубская - Магнитогорск: из-во Магнитогорского гос.техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. - 155 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа

Оснащение аудиторий:

Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Оснащение:

Интерактивная доска, проектор;

Мультимедийный проектор, экран

3. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы.

Оснащение:

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования

Оснащение:

Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования

## Приложение 1

### 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа предусматривает:

– изучение теоретического материала. Используется конспект лекций и дополнительная рекомендуемая литература.

– подготовка к промежуточному и итоговому контролю знаний.

Текущий контроль основан на беглом опросе раз в неделю. Формы: тестовые оценки за выполнение индивидуальных заданий. Основная цель ТК: своевременная оценка успеваемости студентов, побуждающая их работать равномерно, исключая малые загрузки или перегрузки в течение семестра.

Промежуточный контроль – осуществляется в форме коллоквиумов. Цель ПК: побудить студентов отчитаться за усвоение разделов дисциплины накопительным образом, т.е. сначала за первые, затем за следующие разделы, изучаемые в семестре.

Итоговый контроль по дисциплине - это проверка уровня учебных достижений студентов по всей дисциплине за семестр. Форма контроля: зачет с оценкой в конце семестра. Проводится традиционным способом. Цель итогового контроля: проверка знаний дисциплины, полученных при изучении разделов, достаточных для последующего обучения.

- подготовка к практическим занятиям следует проводить в аудитории с мультимедийным оборудованием, при этом и коллоквиумы, и защита результатов исследований проводятся по традиционной методике в классе.

Выполнение самостоятельных заданий практического характера - данная деятельность способствует развитию профессиональной компетенции - планировать, организовывать, проводить исследование и анализировать полученные научные результаты, умению организовать самостоятельную работу.

#### Темы практических занятий.

Практическое занятие 1.

Исследование явлений термоэлектронной эмиссии (ТЭЭ) и определение работы выхода методом прямой Ричардсона.

Практическое занятие 2.

Исследование зависимости электропроводности металла и полупроводника от температуры.

Практическое занятие 3.

Температурное исследование р-п- перехода полупроводникового диода. Определение контактной разности потенциалов.

Практическое занятие 4. Определение концентрации и знака заряда носителей, и знака заряда носителей тока в полупроводниках с помощью эффекта Холла.

Практическое занятие 5. Исследование диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика.

Практическое занятие 6. Измерение удельного заряда электрона (отношение заряда электрона к его массе).

Практическое занятие 7. Изучение электронно-лучевого осциллографа измерение параметров электрических сигналов.

Практическое занятие 8. Измерение температуры, лучеиспускательной способности и степени черноты раскаленных металлов.

Практическое занятие 9. Исследование теплофизических характеристик твердых тел методом периодических колебаний температуры.

## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях		



Знать	<p>Основные концепции современной ФКС</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми EF, равновесная концентрация носителей заряда n0. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</li> <li>17 Собственная проводимость полупроводников.</li> <li>18 Примесная проводимость полупроводников.</li> <li>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</li> <li>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>22 Нормальные колебания линейной кристаллической</li> </ol>
-------	---	---

<p>Уметь</p>	<p>использовать положения ФКС для анализа и оценивания различных фактов и явлений</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны германия <math>E_g=0,75</math> эВ. Ширина запрещенной зоны электронов <math>m_e^*=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (масса электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Акцепторная примесь In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации примеси.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость электронов в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho=1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=1,5 \cdot 10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,1 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации электронов <math>\tau</math>; б) длину свободного пробега <math>\lambda</math> при <math>T=300</math> К; в) дрейфовую скорость электронов <math>v_{др}</math> при <math>U=1</math> В.</p>
--------------	---	---

<p>Владеть</p>	<p>навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в.т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития</p>	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>УК-2 способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p>		

Знать	основные направления, проблемы, теории и методы ФКС, содержание современных дискуссий по проблеме развития ФКС	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми EF, равновесная концентрация носителей заряда n0. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</li> <li>17 Собственная проводимость полупроводников.</li> <li>18 Примесная проводимость полупроводников.</li> <li>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</li> <li>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>22 Нормальные колебания линейной кристаллической</li> </ol>
-------	--	---

<p>Уметь</p>	<p>формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам ФКС, использовать положения и категории ФКС для оценивания и анализа различных тенденций, фактов и явлений</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов <math>n</math> в литии, меди и серебре при температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равны: <math>E_F(Li)=4,72</math> эВ, <math>E_F(Cu)=7,11</math> эВ, <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германиевом собственном полупроводнике при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны <math>E_g=0,67</math> эВ. Эффективная масса электронов <math>m_e^*=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок <math>m_h^*=0,59m_e</math> (<math>m_e</math> – масса свободного электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германиевом примесном полупроводнике, отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=20</math> К. Германий легирован акцепторной примесью In с концентрацией <math>N_A=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Ширина запрещенной зоны при этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации <math>E_a=0,011</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германиевом примесном полупроводнике, отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=20</math> К. Германий легирован донорной примесью Sb с концентрацией <math>N_D=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Ширина запрещенной зоны при этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германиевом примесном полупроводнике, отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=20</math> К. Германий легирован донорной примесью As с концентрацией <math>N_D=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> и акцепторной примесью Ga с концентрацией <math>N_A=5 \cdot 10^{22}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость движения электронов <math>v_{др}</math> в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложена разность потенциалов <math>U=10</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho = 1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация носителей заряда <math>n_c=10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в полупроводнике в сильном электрическом поле. Критическая напряженность поля <math>E_k=2 \cdot 10^4</math> В/см. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,17 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м<sup>-1</sup>. Эффективная масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации <math>\tau</math> при <math>T=300</math> К; б) среднюю длину свободного пробега <math>\lambda</math> при <math>T=300</math> К; в) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math> в поле <math>E=100</math> В/м.</p>
--------------	---	---

Владеть	<p>навыками восприятия и анализа текстов, имеющих естественнонаучное содержание, приемами ведения дискуссии и полемики, навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения</p>	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>УК-3 готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</p>		

<p>Знать</p>	<p>методы критического анализа и оценки современных научных достижений, методы генерирования новых идей при решении исследовательских практических задач, в том числе междисциплинарных областях, методы научно-исследовательской деятельности</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми <math>E_F</math>, равновесная концентрация носителей заряда <math>n_0</math>. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</li> <li>17 Собственная проводимость полупроводников.</li> <li>18 Примесная проводимость полупроводников.</li> <li>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</li> <li>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>22 Нормальные колебания линейной кристаллической</li> </ol>
--------------	--	---

<p>Уметь</p>	<p>анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные результаты реализации этих вариантов</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны германия <math>E_g=0,75</math> эВ. Эффективная масса электронов <math>m_e^*=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Акцепторная примесь In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации примеси.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость электронов в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho = 1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=1,5 \cdot 10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,1 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Эффективная масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации <math>\tau</math>; б) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math> при <math>U=1</math> В; в) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math> при <math>U=1</math> В.</p>
--------------	--	---



<p>Владеть</p>	<p>навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера возникающих в науке на современном этапе его развития, владеть технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований</p>	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>УК-4 готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках</p>		

Знать	особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми EF, равновесная концентрация носителей заряда n0. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</li> <li>17 Собственная проводимость полупроводников.</li> <li>18 Примесная проводимость полупроводников.</li> <li>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</li> <li>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>22 Нормальные колебания линейной кристаллической</li> </ol>
-------	--	---

<p>Уметь</p>	<p>следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны германия <math>E_g=0,75</math> эВ. Ширина запрещенной зоны электронов <math>m_e^*=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (масса электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Акцепторная примесь In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации примеси.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость электронов в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho=1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=1,5 \cdot 10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,1 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации электронов <math>\tau</math>; б) дрейфовую скорость электронов <math>v_{др}</math> при <math>U=1</math> В; в) дрейфовую скорость электронов <math>v_{др}</math> при <math>U=1</math> В.</p>
--------------	--	---

Владеть	технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранецентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
УК-5 способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития		

Знать	основные направления, проблемы, теории и методы, перспективы профессионального и личностного развития	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми EF, равновесная концентрация носителей заряда n0. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</li> <li>17 Собственная проводимость полупроводников.</li> <li>18 Примесная проводимость полупроводников.</li> <li>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</li> <li>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>22 Нормальные колебания линейной кристаллической</li> </ol>
-------	---	---

<p>Уметь</p>	<p>выделять и систематизировать основные идеи; критически оценивать существующие теории и методы; формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам профессионального и личностного развития.</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны электронов <math>m_e^*=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре акцепторной примесью In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре донорной примесью Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре донорной примесью As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> концентрацией <math>N_a=5 \cdot 10^{22}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho = 1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,3 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации <math>\tau</math>; б) длину свободного пробега <math>\lambda</math> при <math>T=300</math> К; в) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math> при <math>E=10^4</math> В/м.</p>
--------------	---	--

<p>Владеть</p>	<p>навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; приемами ведения дискуссии полемики; навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения.</p>	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранецентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемноцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>		

<p>Знать</p>	<p>основные направления, проблемы, теории и методы профессиональной области; современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми <math>E_F</math>, равновесная концентрация носителей заряда <math>n_0</math>. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</li> <li>17 Собственная проводимость полупроводников.</li> <li>18 Примесная проводимость полупроводников.</li> <li>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</li> <li>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>22 Нормальные колебания линейной кристаллической</li> </ol>
--------------	--	---



<p>Уметь</p>	<p>выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам профессиональной области; применять современные методики и приемы для решения профессиональных задач.</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны <math>E_g=0,75</math> эВ. Эффективная масса электронов <math>m_e^*=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Акцепторная примесь In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации примеси.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость электронов в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho=1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=1,5 \cdot 10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,1 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Эффективная масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации <math>\tau</math>; б) длину свободного пробега <math>\lambda</math> при <math>T=300</math> К; в) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math> при <math>U=1</math> В.</p>
--------------	--	---

<p>Владеть</p>	<p>навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; технологиями планирования профессиональной деятельности в сфере научных исследований; навыками применения современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.</p>	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>ОПК-2 готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</p>		

Знать	основные этапы организации работы коллектива по основным образовательным программам	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми EF, равновесная концентрация носителей заряда n0. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</li> <li>17 Собственная проводимость полупроводников.</li> <li>18 Примесная проводимость полупроводников.</li> <li>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</li> <li>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</li> <li>22 Нормальные колебания линейной кристаллической</li> </ol>
-------	---	---

Уметь	самостоятельно определять порядок выполнения работ	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны электронов <math>m_e=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре акцепторной примесью In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре донорной примесью Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре донорной примесью As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> концентрацией <math>N_a=5 \cdot 10^{22}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho = 1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,3 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации <math>\tau</math>; б) длину свободного пробега <math>\lambda</math> при <math>T=300</math> К; в) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math> при <math>E=10^4</math> В/м.</p>
-------	--	--

<p>Владеть</p>	<p>способностью самостоятельной организации работы коллектива, методами планирования, подготовки, проведения занятий по основным образовательным программам высшего образования</p>	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>ПК-1Способность свободно владеть фундаментальными и прикладными разделами физики и математики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач по физике конденсированного состояния, в том числе и по физике наноструктурных объектов.</p>		
<p>Знать</p>	<p>основные направления, проблемы, теории и методы ФКС; перспективы развития исследований ФКС</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <p>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</p> <p>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</p> <p>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</p> <p>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</p> <p>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</p> <p>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</p> <p>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</p>

		<p>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</p> <p>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми <math>E_F</math>, равновесная концентрация носителей заряда <math>n_0</math>. Закон действующих масс.</p> <p>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</p> <p>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</p> <p>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</p> <p>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</p> <p>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</p> <p>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</p> <p>16 Удельная электропроводность. Электропроводность чистых металлов.</p> <p>17 Собственная проводимость полупроводников.</p> <p>18 Примесная проводимость полупроводников.</p> <p>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</p> <p>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</p> <p>21 Контакт двух полупроводников (p-n-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</p> <p>22 Нормальные колебания линейной кристаллической решетки из одинаковых атомов: дисперсионная зависимость.</p> <p>23 Нормальные колебания линейной кристаллической решетки с базисом из двух атомов: дисперсионная зависимость.</p> <p>24 Функция распределения Нормальных колебаний. Характеристическая частота и температура Дебая.</p> <p>25 Фононы. Энергия кристаллической решетки твердого тела. Теплоемкость твердого тела.</p>
--	--	--

<p>Уметь</p>	<p>выделять и систематизировать основные идеи; критически оценивать существующие теории и методы; формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам в теории и практике ФКС.</p>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны электронов <math>m_e=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре акцепторной примеси In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> этой температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ. Энергия активации.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре донорной примеси Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> температуре равна <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре донорной примеси As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup> концентрацией <math>N_a=5 \cdot 10^{22}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho=1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,3 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации <math>\tau</math>; б) длину свободного пробега <math>\lambda</math> при <math>T=300</math> К; в) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math>.</p>
<p>Владеть</p>	<p>навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; приемами ведения дискуссии полемики; навыками публичной речи и письменного аргументированного изложения собственной точки зрения.</p>	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранецентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p>

		<p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемноцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>ПК-3 Способность планировать, организовывать, проводить исследование и анализировать полученные научные результаты по направлению физика конденсированного состояния.</p>		
<p>Знать</p>	<p>основные методы научно-исследовательского исследования ФКС</p>	<p><i>Перечень теоретических вопросов</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Типы связей в кристаллах: силы Ван-дер-Ваальса, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.</li> <li>2 Решетки Браве: 7 сингоний, 3 кубических решетки.</li> <li>3 Обозначение узлов, направлений и плоскостей (индексы Миллера) в кристалле.</li> <li>4 Дефекты в кристалле: Френкеля и Шоттки.</li> <li>5. Микрочастицы: фермионы и бозоны. Функция распределения. Плотность состояний для электронов в кристалле.</li> <li>6 Функция распределения Ферми-Дирака. Физический смысл энергии Ферми для металла.</li> <li>7 Функция распределения Максвелла-Больцмана.</li> <li>8 Функция распределения Бозе-Эйнштейна.</li> <li>9 Собственные полупроводники: зонная диаграмма, энергия Ферми <math>E_F</math>, равновесная концентрация носителей заряда <math>n_0</math>. Закон действующих масс.</li> <li>10 Дырки в полупроводниках. Эффективная масса.</li> <li>11 Прямозонные и непрямозонные полупроводники.</li> <li>12 Донорные полупроводники (n-тип): зонная диаграмма.</li> <li>13 Акцепторные полупроводники (p-тип): зонная диаграмма.</li> <li>14 Температурная зависимость концентрации носителей заряда в примесном полупроводнике.</li> <li>15 Дрейф носителей заряда. Подвижность. Время релаксации. Длина свободного пробега.</li> <li>16 Удельная электропроводность. Электропроводность</li> </ol>



		<p>чистых металлов.</p> <p>17 Собственная проводимость полупроводников.</p> <p>18 Примесная проводимость полупроводников.</p> <p>19 Работа выхода. Контакт двух металлов.</p> <p>20 Контакт металла с полупроводником: зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</p> <p>21 Контакт двух полупроводников (р-п-переход): зонные диаграммы для стационарного состояния, прямого и обратного включения; контактная разность потенциалов, ширина обедненной области; вольт-амперная характеристика.</p> <p>22 Нормальные колебания линейной кристаллической решетки из одинаковых атомов: дисперсионная зависимость.</p> <p>23 Нормальные колебания линейной кристаллической решетки с базисом из двух атомов: дисперсионная зависимость.</p> <p>24 Функция распределения Нормальных колебаний. Характеристическая частота и температура Дебая.</p> <p>25 Фононы. Энергия кристаллической решетки твердого тела. Теплоемкость твердого тела.</p>
Уметь	выделять и анализировать особенности профессиональной деятельности в ФКС	<b>Задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b>

		<p>Вычислить концентрации электронов температуре <math>T=0</math> К. Энергии Ферми металлов равна <math>E_F(Ag)=5,49</math> эВ.</p> <p>Определить энергию Ферми в германии при температуре <math>T=300</math> К. Ширина запрещенной зоны германия <math>E_g=0,75</math> эВ. Ширина запрещенной зоны электронов <math>m_e=0,56m_e</math> и эффективная масса дырок (масса электрона).</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Акцепторная примесь In с концентрацией <math>N_a=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь Sb с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Энергия активации примеси <math>E_g=0,75</math> эВ.</p> <p>Вычислить энергию Ферми в германии отсчитанную от дна зоны проводимости, при температуре <math>T=300</math> К. Донорная примесь As с концентрацией <math>N_d=10^{23}</math> м<sup>-3</sup>. Акцепторная примесь In с концентрацией <math>N_a=5 \cdot 10^{22}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить среднюю дрейфовую скорость электронов в медном проводнике длиной <math>l=1</math> м, если к нему приложено напряжение <math>U=1</math> В. Удельное сопротивление меди <math>\rho=1,6 \cdot 10^{-8}</math> Ом·м. Концентрация электронов <math>n=8,5 \cdot 10^{28}</math> м<sup>-3</sup>.</p> <p>Вычислить длину свободного пробега электронов в сильном электрическом поле. Критическая напряженность электрического поля <math>E_{кр}=10^6</math> В/м. Температура <math>20</math> °С.</p> <p>Электропроводность натрия равна <math>\sigma=2,3 \cdot 10^7</math> Ом<sup>-1</sup>·м. Масса электрона <math>m^*=1,2m_e</math>. Вычислить: а) время релаксации <math>\tau</math>; б) длину свободного пробега <math>\lambda</math> при <math>T=300</math> К; в) дрейфовую скорость <math>v_{др}</math>.</p>
Владеть	навыками сбора, обработки, анализа и систематизации данных при исследованиях ФКС	<p><b>Практические задания</b></p> <p>1 Плоскость отсекает на осях координат отрезки <math>S_1=0,5</math>, <math>S_2=1,25</math>, <math>S_3=1,5</math> в единицах ребер элементарной ячейки. Определить индексы Миллера этой плоскости.</p> <p>2 Найти индексы Миллера плоскости, проходящей через узловые точки кристаллической решетки с координатами <math>x_1=9</math>, <math>x_2=10</math>, <math>x_3=30</math>, если параметры решетки <math>a=3</math>, <math>b=5</math>, <math>c=6</math>.</p> <p>3 Рассчитать с помощью индексов Миллера расстояния между соседними кристаллическими плоскостями (100), (110), (111) для примитивной кубической ячейки.</p> <p>4 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба гранецентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ГЦК-решетке?</p> <p>5 Пусть <math>a</math> – длина ребра основного куба объемноцентрированной кубической решетки. Каково расстояние <math>a_0</math> между ближайшими атомами в ОЦК-</p>

		<p>решетке?</p> <p>6 Определить число атомов <math>n_0</math> в элементарной ячейке железа, кристаллизующегося в кубической системе. Ребро куба <math>a=0,286</math> нм, атомный вес железа <math>A=55,84</math> г/моль, плотность <math>\rho=7,8 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>.</p>
--	--	---

#### б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой.

#### Показатели и критерии оценивания:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.