

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт прикладной математики, физики и информатики
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



_____ К.С. Хорьков

« 30 » _____ 08 _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика конденсированного состояния вещества
(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника
(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Нанотехнологии и микросистемная техника
(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир
Год 2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния вещества» является ознакомление с основами современной физики конденсированного состояния, включающих общие представления о строении кристаллов, механизмах протекающих в кристаллах процессах, влиянии структуры твердых тел на их физические свойства. Изучение дисциплины должно способствовать формированию глубоких знаний в области физики и выработке способности сопоставлять наблюдаемые физические явления с фундаментальными физическими закономерностями.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физика конденсированного состояния вещества» относится к обязательной части учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций).

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК -1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы общеинженерных дисциплин. ОПК-1.2. Умеет использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности, проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ, проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств. ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	Знать: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования. Уметь: использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности; проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ; проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств; использовать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач. Владеть: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание
ОПК-5.	ОПК-5.1. Знает перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающего безопасную работу при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники, основы нано безопасности.	Знать: перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающего безопасное производство при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; основы нанобезопасности. Уметь: оценивать по критериям эффективности и безопасности	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

	ОПК-5.2. Умеет оценивать по критериям эффективности и безопасности технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. ОПК-5.3. Владеет методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.	технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Владеть: методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.	
ПК-1. Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий.	ПК-1.1. Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.2. Умеет решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.3. Владеет математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.	Знать: физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Уметь: решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Владеть: математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.	Отчет по практической подготовке (приложение 1) Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Механические и тепловые свойства твердых тел	4	1-3	12	12	2		49	
2	Электронные свойства твердых тел	4	4-11	12	12	6		50	Рейтинг-контроль №1
3	Магнитные свойства вещества	4	12-15	17	17	6		49	Рейтинг-контроль №2
4	Сверхпроводимость	4	16-18	13	13	4		50	Рейтинг-контроль №3
Всего за <u>4</u> семестр:			18	54	54	18	-	198	Экзамен, 36
Наличие в дисциплине КИ/КР									
Итого по дисциплине				54	54	18		198	Экзамен, 36

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Механические и тепловые свойства твердых тел

Лекция 1. Строение кристаллов и их механические свойства.

Кристаллы, аморфные тела и жидкости. Элементарная ячейка кристаллической решетки. Трансляционная симметрия. Типы элементарных ячеек. Модель сплошной среды. Обратимые (упругие) деформации. Закон Гука. Предел упругости. Необратимые

(пластические) деформации. Текучесть. Предел прочности. Дефекты кристаллической решетки (точечные, линейные, двумерные и объемные). Влияние дефектов на свойства кристаллов.

Лекции 2. Тепловые свойства кристаллов.

Модель теплового движения кристаллической решетки. Классическая теория теплоемкости кристалла. Закон Дюлонга и Пти. Теория Дебая. Нормальные колебания кристаллической решетки. Частота и температура Дебая. Тепловое расширение кристаллов. Температура плавления. Теплопроводность кристаллической решетки.

Раздел 2. Электронные свойства твердых тел

Лекция 3. Модель свободных электронов металла

Теория электронного газа П. Друде. Закон Видемана-Франца. Квантовая теория Зомерфельда. Распределение Ферми-Дирака.

Лекции 4-6. Зонная теория кристаллов.

Волновая функция электрона в периодическом потенциальном поле. Теорема Блоха. Квазиимпульс. Теорема Крамерса. Уравнение движения электрона проводимости в электрическом поле. Эффективная масса электрона. Собственные полупроводники. Понятие дырки. Зависимость электропроводности собственного полупроводника от температуры. Примесные полупроводники. Примеси донорного и акцепторного типов. Электронная и дырочная проводимости. Диэлектрики. Проводимость диэлектриков. Электрический пробой диэлектриков. Пьезоэлектрики и сегнетоэлектрики.

Раздел 3. Магнитные свойства вещества

Лекции 7-8. Основные виды магнетиков

Магнитные свойства атома. Магнитные моменты элементарных частиц. Магнетон Бора и ядерный магнетон. Гиромагнитное отношение. Отклик атома на внешнее магнитное поле. Эффект Зеемана. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Диа-, пара- и ферромагнетики. Основные свойства ферромагнетиков. Домены. Температура Кюри. Кривая намагничивания. Гистерезис. Физическая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие электронов. Антиферромагнетики. Ферримагнетики. Спиновые волны.

Раздел 4. Сверхпроводимость

Лекция 9. Физические свойства сверхпроводников. Эффекты Джозефсона

Явление сверхпроводимости. Критическая температура. Куперовские пары. Энергетическая щель. Магнитные свойства сверхпроводников. Поверхностный сверхпроводящий ток. Эффект Мейснера. Критическое магнитное поле. Сверхпроводники второго рода. Квантование магнитного потока. Эффект Ааронова – Бома. Система слабосвязанных сверхпроводников. Эффекты Джозефсона. Сверхпроводящий квантовый интерференционный детектор магнитного поля. Высокотемпературная сверхпроводимость.

Содержание практических занятий по дисциплине

1. Постоянная Маделунга.
2. Теплоемкость твердых тел.
3. Типы кристаллических решеток.
4. Волновая функция электрона в одномерном периодическом потенциале. Возникновение запрещенных зон.
5. Метод сильной связи для расчета зонной структуры твердого тела.
6. Метод слабой связи (разложение по бегущим волнам).
7. Сфера Ферми.
8. Поверхность Ферми в двумерных и трехмерных кристаллах.
9. Сверхпроводимость.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

1. Определение постоянной Стефана-Больцмана
2. Изучение температурной зависимости электропроводности полупроводников

3. Исследование структуры твердых тел методами растровой электронной микроскопии.

4. Исследование состава твердых тел методами рамановской микроскопии.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №1

1. Кристаллы, аморфные тела и жидкости. Сходства и различия.
2. Элементарная ячейка кристаллической решетки. Трансляционная симметрия.
3. Типы элементарных ячеек.
4. Модель сплошной среды. Обратимые (упругие) деформации. Закон Гука. Предел упругости. Необратимые (пластические) деформации.
5. Дефекты кристаллической решетки (точечные, линейные, двумерные и объемные). Влияние дефектов на свойства кристаллов.
6. Модель теплового движения кристаллической решетки.
7. Классическая теория теплоемкости кристалла. Закон Дюлонга и Пти.
8. Теория теплопроводности Эйнштейна.
9. Теория Дебая. Нормальные колебания кристаллической решетки. Частота и температура Дебая.
10. Тепловое расширение кристаллов. Температура плавления. Теплопроводность кристаллической решетки.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №2

1. Теория электронного газа П. Друде. Закон Видемана-Франца.
2. Квантовая теория Зомерфельда. Распределение Ферми-Дирака.
3. Волновая функция электрона в периодическом потенциальном поле. Теорема Блоха.
4. Эффективная масса электрона в кристалле.
5. Зонная теория твердого тела и статистика носителей заряда.
6. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории.
7. Электропроводность полупроводников (собственная, примесная).
8. Влияние примесей на процесс электропроводности.
9. Генерация и рекомбинация носителей заряда в полупроводниках.
10. Диффузия и дрейф носителей заряда в полупроводниках.
11. Поведение полупроводников в сильных электрических полях.
12. Механизм образования р-п-перехода, высота и ширина потенциального барьера в равновесном состоянии.

Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №3

1. Магнитные свойства атома. Магнитные моменты элементарных частиц. Магнетон Бора и ядерный магнетон. Гиромагнитное отношение.
2. Отклик атома на внешнее магнитное поле. Эффект Зеемана.
3. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и проницаемость.
4. Диа-, пара- и ферромагнетики.
5. Основные свойства ферромагнетиков. Домены. Температура Кюри. Кривая намагничивания. Гистерезис.
6. Физическая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие электронов.
7. Антиферромагнетики. Ферримагнетики.

8. Явление сверхпроводимости. Критическая температура.
9. Куперовские пары. Энергетическая щель.
10. Магнитные свойства сверхпроводников. Поверхностный сверхпроводящий ток. Эффект Мейснера. Критическое магнитное поле.
11. Сверхпроводники второго рода.
12. Квантование магнитного потока.

1.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен).

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Классификация твердых тел по типу связи. Основные типы химических связей в твердых телах.
2. Молекулярные кристаллы. Ионные кристаллы. Постоянная Маделунга.
3. Ковалентная связь. Металлическая связь.
4. Элементарная ячейка кристаллической решетки. Трансляционная симметрия. Типы элементарных ячеек.
5. Модель сплошной среды. Обратимые (упругие) деформации. Закон Гука. Предел упругости.
6. Продольные и поперечные упругие волны. Фазовая скорость упругих волн. Фононы.
7. Классификация дефектов кристаллической решетки. Точечные дефекты. Равновесная концентрация тепловых дефектов
8. Классификация дефектов кристаллической решетки. Линейные дефекты.
9. Модель теплового движения кристаллической решетки. Классическая теория теплоемкости кристалла. Закон Дюлонга и Пти.
10. Квантовая теория Эйнштейна. Теплоемкость кристаллов вблизи абсолютного нуля температур.
11. Теория Дебая. Нормальные колебания кристаллической решетки. Частота и температура Дебая.
12. Классическая теория электронного газа П. Друде. Теплоемкость классического электронного газа. Закон Видемана-Франца.
13. Квантовая теория свободных электронов металлов А. Зоммерфельда. Одночастичное приближение. Энергетический спектр электронов. Плотность состояний свободных электронов.
14. Квантовая теория свободных электронов Зоммерфельда. Распределение Ферми-Дирака. Теплопроводность, электропроводность и теплоемкость электронного газа.
15. Волновая функция электрона в периодическом потенциальном поле. Теорема Блоха. Квазиимпульс.
16. Образование энергетических зон в кристалле в пределе слабого периодического потенциала.
17. Модель сильной связи электрона атомом и образование энергетических зон в кристалле.
18. Модель Кронинга-Пенни.
19. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми для электрона в кристалле. Разделение кристаллов на проводники, диэлектрики и полупроводники.
20. Движение электрона проводимости в электрическом поле. Эффективная масса электрона.
21. Собственные и примесные полупроводники. Понятие дырки. Примеси донорного и акцепторного типов. Электронная и дырочная проводимости. Концентрация свободных носителей.
22. Сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики.
23. Магнитные свойства атома. Эффект Зеемана.
24. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и проницаемость. Понятие о диа-, пара- и ферромагнетиках.

25. Ферромагнетики и их свойства. Доменная структура. Кривая намагничивания.
26. Физическая природа ферромагнетизма. Обменное взаимодействие электронов. Антиферромагнетики. Ферромагнетики.
27. Сверхпроводимость и эффекты, связанные с ней.
28. Теория сверхпроводимости Лондонов.
29. Куперовские пары. Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера.

1.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Примерные вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Физическая модель границы металла. Работа выхода электрона.
2. Внешний и внутренний фотоэффекты
3. Понятие о гетероструктурах
4. Электрический контакт двух полупроводников с разными типами проводимости (p/n – переход).
5. Электрический контакт двух металлов. Внутренняя и внешняя контактные разности потенциалов.
6. Математический аппарат теории сверхпроводимости Лондонов.
7. Обменное взаимодействие.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 294 с.	2015	http://www.iprbookshop.ru/6548.html
2. Кашенко, А. П. Физика твердого тела. Физика ядра. Ядерные реакции : методические указания к практическим занятиям и домашним заданиям по дисциплинам: «Взаимодействие излучения с веществом», «Теоретическая физика», «Физические свойства твердых тел» / А. П. Кашенко, Г. С. Строковский, С. И. Шарапов. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 20 с.	2015	http://www.iprbookshop.ru/55674.html
3. Антипин, М. И. Сборник задач по основам механики недеформируемого твердого тела с решением типовых задач : учебное пособие / М. И. Антипин. — Железногорск : Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. — 96 с.	2017	http://www.iprbookshop.ru/66928.html
Дополнительная литература		
Гуртов, В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; под редакцией Л. А. Алешина. — Москва : Техносфера, 2012. — 560 с.	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778225343.html

6.3. Интернет-ресурсы

1. Научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
2. Мир науки и техники. – Режим доступа: <http://mirnt.ru/>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а*

