

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)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 02 » 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки Нанотехнологии и микросистемная техника

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
4	10/360	54	54	18	198	Экзамен,36ч.
Итого	10/360	54	54	18	198	Экзамен,36ч.

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Физика конденсированного состояния» 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 ВО

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к базовой части подготовки бакалавров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника». Для освоения данной дисциплины учащимся требуются знания, получаемые в рамках следующих предшествующих дисциплин: физика, квантовая электроника, квантовая и статистическая физика, физические основы микро- и наносистемной техники.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	Частичное освоение	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.
ОПК-5	Частичное освоение	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 технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Владеть: методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.
ПК-1	Частичное освоение	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.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Механические и тепловые свойства твердых тел	4	1-3	12	12	2	49	12/46%	
2	Электронные свойства твердых тел	4	4-11	12	12	6	50	11/36%	Рейтинг-контроль №1
3	Магнитные свойства вещества	4	12-15	17	17	6	49	14/35%	Рейтинг-контроль №2
4	Сверхпроводимость	4	16-18	13	13	4	50	11/36%	Рейтинг-контроль №3
Всего за 4 семестр:		4	18	54	54	18	198	48/38%	Экзамен, 36ч.
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине		4	18	54	54	18	198	48/38%	Экзамен, 36ч.

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. Ферромагнетики. 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. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Физика конденсированного состояния вещества» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Групповая дискуссия (все практические занятия);
- Разбор конкретных ситуаций (все лекционные и практические занятия).

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

Текущий контроль успеваемости студентов

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.

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 зона 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. Ферримагнетики.
27. Сверхпроводимость и эффекты, связанные с ней.
28. Теория сверхпроводимости Лондонов.
29. Куперовские пары. Микроскопическая теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера.

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 (р/п – переход).
5. Электрический контакт двух металлов. Внутренняя и внешняя контактные разности потенциалов.
6. Математический аппарат теории сверхпроводимости Лондонов.
7. Обменное взаимодействие.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Байков, Ю. А. Физика	2015		http://www.iprbookshop.ru/654

конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 294 с.			8.html
2. Кащенко, 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. Кащенко, 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			
1. 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.iprbookshop.ru/26903.html

7.3. Интернет-ресурсы

Научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

Мир науки и техники. – Режим доступа: <http://mirnt.ru/>

8. 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 также помещения для самостоятельной работы. Практические/лабораторные работы проводятся в 106-3, 107-3, 105-3.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения MS Word, MS Excel, Matlab.

Рабочую программу составил Мурзин В.О.
(ФИО, подпись)

Рецензент
(представитель работодателя) Ген.директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В.
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол № 1 от 02.09.2019 года
Заведующий кафедрой Аракелян С.И.
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол № 1 от 02.09.2019 года
Председатель комиссии Аракелян С.И.
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
в рабочую программу дисциплины
Физика конденсированного состояния вещества
образовательной программы направления подготовки
28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой _____ / _____
Подпись *ФИО*

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

Физика конденсированного состояния вещества

образовательной программы направления подготовки

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1	<p>В Раздел 2 «Место дисциплины в структуре ОПОП ВО» стала двухсеместровой.</p> <p>В Раздел 4 «Объем и структура дисциплины»: изменено:</p> <ul style="list-style-type: none">– увеличение количества часов на СРС в 4 семестре до 216 ч.;– уменьшение количества часов на лекции в 4 семестре до 36 ч. <p>Добавлен 3 семестр. Всего кол-во часов – 180 ч.;</p> <p>Лекции – 36 ч.;</p> <p>Практика – 18 ч.;</p> <p>СРС – 19 ч.;</p> <p>Экзамен – 27 ч.;</p> <p>З.Е. – 5.</p>	Профессор кафедры ФиПМ Бутковский О.Я.	№1 от 31.08.2020г.

Зав. кафедрой _____ / С.М. Аракелян

Подпись

ФИО