Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

*«Б1.Д.Б.26 Физика твердого тела»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
*03.03.03 Радиофизика*
(код и наименование направления подготовки)

*Физика наноматериалов*
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
*Бакалавр*

Форма обучения
*Очная*

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.26 Физика твердого тела*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
*наименование кафедры*

протокол № 7 от "21"февраля 2025 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния _____ В.Л. Бердинский
*наименование кафедры* *подпись* *расшифровка подписи*

*Исполнители:*
доцент кафедры БФФКС _____ Э.К. Алиджанов
*должность* *подпись* *расшифровка подписи*

_____
*должность* *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.03 Радиофизика _____ Т.М. Чмерева
*код наименование* *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ С.А. Биктимирова
*личная подпись* *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ А.Д. Стрекаловская
*личная подпись* *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Алиджанов Э.К., 2025
© ОГУ, 2025

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

Обучение студентов основам физики твердого тела, включающим общие представления о теории строения кристаллических и аморфных веществ, состоянии электронов в периодическом поле кристаллической решетки, зонной теории, кинетических свойствах, оптических свойствах, квазичастицах, методах исследования физических свойств.

**Задачи:**

- формирование целостного знания дисциплины на основе законов квантовой и статистической физики;
- развитие практических навыков в применении полученных теоретических знаний к решению задач;
- обучение методам и практическим приемам исследования структуры твердых тел и их различных физических свойств: тепловых, электрических, магнитных и т.д.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.17 Электричество и магнетизм, Б1.Д.Б.18 Оптика, Б1.Д.Б.19 Атомная физика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.Э.5.2 Введение в нанотехнологии, Б2.П.Б.У.1 Ознакомительная практика*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности | ОПК-1-В-1 Знает основные понятия и законы физики и других естественных наук, методы математического анализа, алгебры и геометрии<br>ОПК-1-В-3 Владеет навыками теоретических и экспериментальных исследований в сфере профессиональной деятельности | **Знать:**<br>- основы физики твердого тела и физические принципы работы приборов твердотельной электроники.<br>**Уметь:**<br>- применять полученные теоретические знания к решению практических задач и экспериментальной работе с приборами твердотельной электроники.<br>**Владеть:**<br>- навыками работы с приборами твердотельной электроники и современной измерительной техники. |
| ОПК-2 Способен проводить экспериментальные и теоретические научные исследования объектов, систем и процессов, обрабатывать и | ОПК-2-В-1 Знает основные научные методы теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений<br>ОПК-2-В-3 Имеет навыки | **Знать:**<br>- особенности информационных технологий для их применения в практической деятельности, в том числе, в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.<br>**Уметь:** |

| Код и наименование формируемых компетенций | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| представлять экспериментальные данные | проведения экспериментов по заданной методике и анализа их результатов | - самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения.<br>**Владеть:**<br>- способами реализации индуктивных и дедуктивных способов мышления в профессиональной деятельности. |

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов).

| Вид работы | Трудоемкость, академических часов | | |
|---|---|---|---|
| | 5 семестр | 6 семестр | всего |
| **Общая трудоёмкость** | **108** | **108** | **216** |
| **Контактная работа:** | **50,25** | **35,25** | **85,5** |
| Лекции (Л) | 34 | 18 | 52 |
| Практические занятия (ПЗ) | 16 | 16 | 32 |
| Консультации | | 1 | 1 |
| Промежуточная аттестация (зачет, экзамен) | 0,25 | 0,25 | 0,5 |
| **Самостоятельная работа:**<br>*самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;*<br>*- изучение разделов курса в системе электронного обучения;*<br>*- подготовка к практическим занятиям;*<br>*- подготовка к рубежному контролю и т.п.)* | **57,75** | **72,75** | **130,5** |
| **Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)** | **зачет** | **экзамен** | |

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

| № раздела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | аудиторная работа | | | внеауд. работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 1 | Введение физику конденсированного состояния | 16 | 5 | 2 | | 9 |
| 2 | Квантовая статистика | 16 | 5 | 2 | | 9 |
| 3 | Геометрия кристаллических решеток и симметрия кристаллов | 19 | 6 | 3 | | 10 |
| 4 | Основы зонной теории твердых тел и электронные состояния в кристаллах | 19 | 6 | 3 | | 10 |
| 5 | Тепловые свойства твердых тел | 19 | 6 | 3 | | 10 |
| 6 | Электропроводность полупроводников | 19 | 6 | 3 | | 10 |
| | Итого: | 108 | 34 | 16 | | 58 |

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

| № раздела | Наименование разделов | Количество часов | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | всего | аудиторная работа | | | внеауд. работа |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | |
| 6 | Электропроводность полупроводников. Электропроводность металлов и сплавов | 26 | 4 | 4 | | 18 |
| 7 | Кинетические и контактные явления в твердых телах | 26 | 4 | 4 | | 18 |
| 8 | Термоэлектрические, термомагнитные и гальваномагнитные эффекты | 28 | 5 | 4 | | 19 |
| 9 | Оптические, диэлектрические и магнитные свойства кристаллических твердых тел | 28 | 5 | 4 | | 19 |
| | Итого: | 108 | 18 | 16 | | 74 |
| | Всего: | 216 | 52 | 32 | | 132 |

**4.2 Содержание разделов дисциплины**

**1.Введение физику конденсированного состояния**

Предмет и место дисциплины в системе современного естествознания. Краткая историческая справка по развитию физики твердого тела. Теория металлов Друде и Зоммерфельда.

**2.Квантовая статистика**

Системы заряженных частиц. Вырожденные и невырожденные коллективы. Понятие о фазовом пространстве и его квантовании. Плотность состояний. Функция распределения Ферми—Дирака и ее температурная зависимость. Энергия Ферми.

**3. Геометрия кристаллических решеток и симметрия кристаллов**

Простые и сложные кристаллические решетки. Примеры конкретных кристаллических структур. Прямая и обратная решетка кристалла. Индексы Миллера. Рассеяние волн на кристаллических решетках. Классификация твердых тел по характеру сил связи. Виды связи структурных частиц

**4. Основы зонной теории твердых тел и электронные состояния в кристаллах.**

Уравнение Шредингера для электронов в кристалле. Теорема Блоха. Адиабатическое и одноэлектронное приближение. Приближение почти свободных и сильно связанных электронов. Число состояний электронов в энергетической зоне. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Закон дисперсии у дна и потолка энергетических зон. Движение электронов в кристалле под действием электрического поля. Эффективная масса носителей заряда. Специфика электронного строения металлов, диэлектриков и полупроводников.

**5.Тепловые свойства твердых тел**

Нормальные колебания кристаллической решетки. Акустические и оптические ветви Спектр частот и энергия нормальных колебаний решетки. Понятие о фононах. Теплопроводность. Теплоемкость твердых тел по Дебаю

**6. Электропроводность полупроводников**

Собственные и примесные состояния. Электроны и дырки в зонах Положение уровня Ферми и концентрация свободных носителей Собственная и примесная электропроводность полупроводников и ее температурная зависимость.

**7. Кинетические и контактные явления в твердых телах.**

Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Нелинейные явления. Рекомбинация и возбуждение неравновесных носителей в твердых телах. Отступление от закона Ома. Эффект сильного поля. Эффект Ганна. Работа выхода. Контакт металл-металл. Контакт металл—полупроводник. Способы получения p-n перехода Выпрямляющие свойства и вольтамперная характеристика p-n перехода

**8. Термоэлектрические, термомагнитные и гальваномагнитные эффекты**

Термоэлектрические явления. Эффект Зеебека (Пельтье). Термомагнитные явления. Эффект Риги—Ледюка. Эффект Холла. Сверхпроводимость.

**9. Оптические, диэлектрические и магнитные свойства кристаллических твердых тел**

Поляризация и поляризуемость, диэлектрическая релаксация, дебаевское время релаксации и комплексная диэлектрическая проницаемость, сегнетоэлектричество, фазовые переходы 1-го и 2-го родов в сегнетоэлектриках, пьезоэлектричество, сегнетоэлектрические домены. Диамагнетизм, формула Ланжевена. Парамагнетизм и закон Кюри; правило Хунда, расщепление уровней внутрикристаллическим полем, замораживание орбитальных моментов. Ферромагнитный порядок, точка Кюри и обменный интеграл. Магнитная структура ферримагнетиков. Магнитная структура антиферромагнетика. Ферромагнитные домены, энергия анизотропии, доменные стенки, происхождение доменов, коэрцетивная сила и петля гистерезиса.

### 4.3 Практические занятия (семинары)

| № занятия | № раздела | Тема | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Введение физику конденсированного состояния | 3 |
| 2 | 2 | Квантовая статистика | 3 |
| 3 | 3 | Геометрия кристаллических решеток и симметрия кристаллов | 3 |
| 4 | 4 | Основы зонной теории твердых тел и электронные состояния в кристаллах | 3 |
| 5 | 5 | Тепловые свойства твердых тел | 4 |
| 6 | 6 | Электропроводность полупроводников | 4 |
| 7 | 7 | Кинетические и контактные явления в твердых телах | 4 |
| 8 | 8 | Термоэлектрические, термомагнитные и гальваномагнитные эффекты | 4 |
| 9 | 9 | Оптические, диэлектрические и магнитные свойства кристаллических твердых тел | 4 |
| | | Итого: | 32 |

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Шашкова, Л. В. Физика твердого тела: кристаллическое строение, прочность, пластичность и разрушение [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, аспирантов, преподавателей вузов, а также инженеров и научных работников, специализирующихся в конкретных прикладных областях / Л. В. Шашкова, В. К. Шашкова, Э. А. Савченков; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3.69 Мб). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2009. - 223 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0 Режим доступа: : http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/2659_20110923.pdf

2. Павлов, П. В. Физика твердого тела [Текст] : учебник для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов; Гос. ком. РФ по высш. образованию. - Нижний Новгород : Изд-во Нижегор. гос. ун-та, 1993. - 491 с.

### 5.2 Дополнительная литература

1. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела [Текст] / Ч. Киттель; пер. с англ. изд. А. А. Гусева, А. В. Пахнева ; под общ. ред. А. А. Гусева. - М. : Наука, 1978. - 792 с. : ил. - Библиогр.: с. 769-790.

2. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний,

2018. - 293 с. : ил. - (Учебник для высшей школы). - Библиогр.: с. 288-293. - ISBN 978-5-9963-0290-1.

### 5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.
2. Успехи физических наук : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.
3. Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2017, 2018.

### 5.4 Интернет-ресурсы

1. www.ph4s.ru - Физика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина, МИФИ.
2. http://kvant.mccme.ru/ - Научно-популярный физико-математический журнал «Квант».
3. http://www.physbook.ru/ - Электронные учебники и журналы по физике.
4. https://openedu.ru/course/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Квантовая физика».
5. http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index - Журнал экспериментальной и теоретической физики.
6. https://ufn.ru/ - Успехи физических наук : журнал.

### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

***Перечень лицензионного программного обеспечения***

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи MTS Link
4. Яндекс.Браузер - браузер, созданный компанией «Яндекс» на основе движка (бесплатная версия) Режим доступа: https://browser.yandex.ru.

***Информационные справочные системы***

1. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2024]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru
2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2024].
3. http://edu.garant.ru/garant/study/ - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей

***Специализированное ПО, используемое при реализации образовательных программ ФизФ***

1. "Облако знаний.Школа", облачный сервис https://school.imumk.ru Договор от 21.12.2021 № СКАН_132/223-4.2.1.2/49 ООО "ФИЗИКОН ЛАБ" 5 лет (по 20.12.2026г)
2. "Виртуальный практикум по физике для вузов" облачный сервис https://school.imumk.ru Договор №281/57 от 15.12.2021 ООО "ФИЗИКОН ЛАБ"5 лет (по 15.12.2026г)

### 6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.