

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Петрозаводский государственный университет»  
(ПетрГУ)**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО ПРОФИЛЮ «ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО  
СОСТОЯНИЯ»**

## **1. Силы связи в твердых телах**

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с не направленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая. ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита  $\text{CaTiO}_3$ .

Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

## **2. Симметрия твердых тел**

Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.

Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.

Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

## **3. Дефекты в твердых телах**

Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.

Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

## **4. Дифракция в кристаллах**

Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.

Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.

## **5. Колебания решетки**

Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

## **6. Тепловые свойства твердых тел**

Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.

Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.

Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.

Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Ангармонические колебания.

Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

### **7. Электронные свойства твердых тел**

Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термо - ЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.

Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна -Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.

Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.

Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.

Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.

Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Полуметаллы.

### **8. Магнитные свойства твердых тел**

Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри-Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.

Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.

Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).

Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.

Спиновые волны, магноны.

Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

### **9. Оптические свойства твердых тел**

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса— Кронига.

Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

### **10. Сверхпроводимость**

Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.

Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.

Эффект Джозефсона.

Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

### **Список литературы**

### Основная литература

1. Петров Ю. В. Основы физики конденсированного состояния / Ю. В. Петров. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 213 с.
2. Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко. - Москва : Техносфера, 2012. - 559 с.
3. Современная физика. Конденсированное состояние : учебное пособие / В. К. Воронов, А. В. Подошлов. - Москва : Издательство ЛКИ, 2008. - 333 с. (1)
4. Байков Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 293 с.
5. Ландау Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие : в 10 т. / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц; под ред. Л. П. Питаевского, Т. 9, Статистическая физика, ч. 2, Теория конденсированного состояния. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 493 с.

### Дополнительная литература

1. В.К. Воронов, А.В. Подошлов. Современная физика. Конденсированные состояния. Уч. пособие. 2008 год.
2. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
3. [Гольдаде В. А.](#) , [Пинчук Л. С.](#) Физика конденсированного состояния: пособие / В. А. Гольдаде, Л. С. Пинчук. - Минск: [Белорусская наука](#), 2009. - 648 С. // Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] / Директ-Медиа. — Электрон. дан. — [Москва], сор. 2001-2017. — URL: [https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=93309](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=93309)

### Электронный учебный ресурс

Электронный учебник: Гуртов В. А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко. <http://solidstate.karelia.ru/p/tutorial/ft>