

## **Учебная программа по курсу «Физика конденсированного состояния»**

### **1. Введение в электронную теорию твёрдого тела. Модель свободных электронов.**

Определение и общие свойства конденсированного состояния вещества. Классификация твёрдых тел по их структуре и электрофизическим свойствам. Электро- и теплопроводность твёрдых тел: закон Ома; температурная зависимость удельного электросопротивления; закон Фурье; коэффициент теплопроводности; закон Видемана-Франца для металлов.

Модель свободных электронов Друде: электроны проводимости как идеальный газ классических частиц; электрон-ионные столкновения, сечение рассеяния и среднее время свободного пробега электронов; расчёт статической электропроводности и коэффициента теплопроводности металлов в рамках элементарной кинетической теории разреженных газов.

Понятие о термоэлектрических эффектах. Эффекты Зеебека и Пельтье.

Квантовая теория свободных электронов: принцип неразличимости тождественных частиц, фермионы и бозоны; принцип запрета Паули, спин электрона, структура волновой функции газа невзаимодействующих электронов; модель свободных электронов Зоммерфельда, периодические граничные условия; свойства идеального газа свободных электронов в основном состоянии: импульс и энергия Ферми, плотность разрешённых волновых векторов и плотность одноэлектронных уровней энергии, энергия основного состояния электронного газа; распределение Ферми-Дирака; термодинамические свойства газа свободных электронов: температура Ферми и условие вырождения электронного газа, температурное разложение Зоммерфельда, расчёт удельной теплоёмкости вырожденного электронного газа.

Теория металлической проводимости Зоммерфельда: квазиклассическое уравнение Больцмана для неравновесной функции распределения электронов и условия его применимости; общая структура интеграла столкновений с учётом принципа запрета Паули и принцип детального баланса; дифференциальное сечение рассеяния и транспортное время свободного пробега электронов; расчёт статической электропроводности, коэффициента теплопроводности и дифференциальной термо-э.д.с. металлов в рамках квазиклассического уравнения Больцмана в случае упругих электрон-ионных столкновений; особенности измерения дифференциальной термо-э.д.с. металлов, биметаллический контур, понятие об электрохимическом потенциале; число Лоренца и закон Видемана-Франца в рамках зоммерфельдовской теории свободных электронов.

Магнетизм электронного газа. Определение собственного и орбитального магнитного моментов электрона. Определение магнитной восприимчивости. Диамагнетизм и парамагнетизм. Теорема Бора - Ван Леевен о нулевой магнитной восприимчивости газа классических заряженных частиц. Магнитная восприимчивость больцмановского газа электронов с учётом их

собственного магнитного момента. Закон Кюри. Трудности классических теорий электронного газа.

Магнитная восприимчивость вырожденного электронного газа: парамагнетизм Паули. Понятие о диамагнетизме Ландау. Недостатки модели свободных электронов.

## **2. Свойства кристаллических решеток.**

Трансляционная симметрия кристаллов. Решётка Бравэ и основные векторы трансляций. Простая, объёмно-центрированная и гранецентрированная кубические решётки. Примитивная (элементарная) ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца и условная ячейка. Кристаллические структуры и решётки с базисом. Гексагональная плотноупакованная структура. Координационное число и коэффициент компактности (упаковочный множитель). Алгоритм построения различных плотноупакованных структур. Структуры типа хлорида натрия, алмаза и цинковой обманки.

Понятие об элементах симметрии кристаллических решёток и группе симметрии (пространственной группе) решётки Бравэ. Поворотные оси симметрии. Теорема о симметрии кристаллических решёток по отношению к поворотам.

Прямая и обратная решётки. Свойства обратной решётки. Примеры обратных решёток. Первая зона Бриллюэна. Атомные плоскости и семейства атомных плоскостей. Теорема о связи семейств атомных плоскостей с векторами обратной решётки. Индексы Миллера.

Условия конструктивной интерференции рентгеновских лучей в кристалле: формулировки Брэгга и Лауэ; доказательство их эквивалентности. Геометрические формулировки условий конструктивной интерференции: построение Бриллюэна и брэгговские плоскости; построение Эвальда. Экспериментальные методы определения кристаллических структур: метод Лауэ, метод вращающегося кристалла, порошковый метод (метод Дебая-Шеррера). Геометрический структурный фактор кристаллических структур.

## **3. Состояния электронов в кристаллической решётке. Основы зонной теории твёрдых тел.**

Квантовые состояния электрона в периодическом потенциале: теорема Блоха; квазиимпульс электрона и его свойства; граничные условия Борна-Кармана для кристаллов и число разрешённых значений квазиимпульса; периодичность волновых функций и энергетического спектра в обратном пространстве; энергетические зоны и их свойства; запрещённые зоны энергий, описание электронных состояний в схемах приведённых и повторяющихся зон. Понятие о « $\vec{k}\vec{r}$ » методе. Теорема о средней скорости блоховского электрона. Свойства энергетического спектра вблизи экстремумов энергии в зоне Бриллюэна. Тензор обратных эффективных масс электрона и его свойства. Отсутствие вклада в электрический ток от полностью заполненных зон (инертность заполненных зон), критерии металла и диэлектрика. Диэлектрики, полупроводники, металлы, полуметаллы.