

Учебная программа по курсу «Физика конденсированного состояния»

26 января 2026 г.

1. Введение в электронную теорию твёрдого тела. Модель свободных электронов
 - (a) Определение и общие свойства конденсированного состояния вещества
 - (b) Классификация твёрдых тел по их структуре и электрофизическим свойствам
 - (c) Электро- и теплопроводность твёрдых тел
 - i. Закон Ома
 - ii. Температурная зависимость удельного электросопротивления
 - iii. Закон Фурье
 - iv. Коэффициент теплопроводности
 - v. Закон Видемана-Франца для металлов
 - (d) Модель свободных электронов Друде
 - i. Электроны проводимости как идеальный газ классических частиц
 - ii. Электрон-ионные столкновения, сечение рассеяния и среднее время свободного пробега электронов
 - iii. Расчёт статической электропроводности и коэффициента теплопроводности металлов в рамках элементарной кинетической теории разреженных газов
 - (e) Понятие о термоэлектрических эффектах
 - i. Эффект Зеебека
 - ii. Эффект Пельтье
 - (f) Квантовая теория свободных электронов
 - i. Принцип неразличимости тождественных частиц, фермионы и бозоны
 - ii. Принцип запрета Паули, спин электрона, структура волновой функции газа невзаимодействующих электронов
 - iii. Модель свободных электронов Зоммерфельда, периодические граничные условия
 - iv. Свойства идеального газа свободных электронов в основном состоянии

- А. Импульс и энергия Ферми
 - В. Плотность разрешённых волновых векторов и плотность одноэлектронных уровней энергии
 - С. Энергия основного состояния электронного газа
 - v. Распределение Ферми-Дирака
 - vi. Термодинамические свойства газа свободных электронов
 - А. Температура Ферми
 - В. Условие вырождения электронного газа
 - С. Температурное разложение Зоммерфельда
 - Д. Расчёт удельной теплоёмкости вырожденного электронного газа
 - (g) Теория металлической проводимости Зоммерфельда
 - i. Квазиклассическое уравнение Больцмана для неравновесной функции распределения электронов и условия его применимости
 - ii. Общая структура интеграла столкновений с учётом принципа запрета Паули и принцип детального баланса
 - iii. Дифференциальное сечение рассеяния и транспортное время свободного пробега электронов
 - iv. Расчёт статической электропроводности, коэффициента теплопроводности и дифференциальной термо-э.д.с. металлов в рамках квазиклассического уравнения Больцмана в случае упругих электрон-ионных столкновений
 - v. Особенности измерения дифференциальной термо-э.д.с. металлов, биметаллический контур, понятие об электрохимическом потенциале
 - vi. Число Лоренца и закон Видемана-Франца в рамках зоммерфельдовской теории свободных электронов
 - (h) Магнетизм электронного газа
 - i. Определение собственного и орбитального магнитного моментов электрона
 - ii. Определение магнитной восприимчивости
 - (i) Диамагнетизм и парамагнетизм. Теорема Бора – Ван Леевен о нулевой магнитной восприимчивости газа классических заряженных частиц.
 - (j) Магнитная восприимчивость больцмановского газа электронов с учётом их собственного магнитного момента
 - i. Закон Кюри
 - ii. Трудности классических теорий электронного газа
 - (k) Магнитная восприимчивость вырожденного электронного газа
 - i. Парамагнетизм Паули
 - ii. Понятие о диамагнетизме Ландау
 - iii. Недостатки модели свободных электронов
2. Свойства кристаллических решеток

- (a) Трансляционная симметрия кристаллов
 - i. Решётка Бравэ и основные векторы трансляций
 - ii. Простая, объёмно-центрированная и гранецентрированная кубические решётки
 - iii. Примитивная (элементарная) ячейка, ячейка Вигнера-Зейтца и условная ячейка
 - iv. Кристаллические структуры и решётки с базисом
- (b) Гексагональная плотноупакованная структура
 - i. Координационное число и коэффициент компактности (упаковочный множитель)
 - ii. Алгоритм построения различных плотноупакованных структур
 - iii. Структуры типа хлорида натрия, алмаза и цинковой обманки
- (c) Понятие об элементах симметрии кристаллических решёток и группе симметрии (пространственной группе) решётки Бравэ
 - i. Поворотные оси симметрии
 - ii. Теорема о симметрии кристаллических решёток по отношению к поворотам
- (d) Прямая и обратная решётки
 - i. Свойства обратной решётки
 - ii. Примеры обратных решёток
 - iii. Первая зона Бриллюэна
 - iv. Атомные плоскости и семейства атомных плоскостей
 - v. Теорема о связи семейств атомных плоскостей с векторами обратной решётки
 - vi. Индексы Миллера
- (e) Условия конструктивной интерференции рентгеновских лучей в кристалле
 - i. Формулировка Брэгга
 - ii. Формулировка Лауэ
 - iii. Доказательство эквивалентности формулировок
- (f) Геометрические формулировки условий конструктивной интерференции
 - i. Построение Бриллюэна
 - ii. Брэгговские плоскости
 - iii. Построение Эвальда
- (g) Экспериментальные методы определения кристаллических структур
 - i. Метод Лауэ
 - ii. Метод вращающегося кристалла
 - iii. Порошковый метод (метод Дебая-Шеррера)
- (h) Геометрический структурный фактор кристаллических структур

3. Состояния электронов в кристаллической решётке. Основы зонной теории твёрдых тел
- (a) Квантовые состояния электрона в периодическом потенциале
 - i. Теорема Блоха
 - ii. Квазиимпульс электрона и его свойства
 - iii. Граничные условия Борна-Кармана для кристаллов и число разрешённых значений квазиимпульса
 - iv. Периодичность волновых функций и энергетического спектра в обратном пространстве
 - v. Энергетические зоны и их свойства
 - vi. Запрещённые зоны энергий, описание электронных состояний в схемах приведённых и повторяющихся зон
 - (b) Понятие о « $\vec{k}\vec{p}$ » методе
 - (c) Теорема о средней скорости блоховского электрона
 - (d) Свойства энергетического спектра вблизи экстремумов энергии в зоне Бриллюэна
 - (e) Тензор обратных эффективных масс электрона и его свойства
 - (f) Отсутствие вклада в электрический ток от полностью заполненных зон (инертность заполненных зон), критерии металла и диэлектрика
 - i. Диэлектрики
 - ii. Полупроводники
 - iii. Металлы
 - iv. Полуметаллы