

## Физика конденсированного состояния вещества

### Программа курса

№	Наименование раздела	Лекции
1	Адиабатическое приближение	Структура исходного гамильтониана. Уравнение Шредингера для стационарных состояний электронной подсистемы. Система уравнений для коэффициентов разложения исходной волновой функции. Оценка амплитуды колебаний ядер. Обоснование гармонического приближения для эффективного потенциала. Оценка величины неадиабатических членов в уравнениях для коэффициентов разложения исходной волновой функции.
2	Типы химической связи в твердых телах	Квантовая природа отталкивания заполненных электронных оболочек в атомах и ионах. Ионная связь. Суперпозиция ионизованного и нейтрального состояний. $t_{2g}$ и $e_g$ - гибридизация d-орбиталей. Ковалентная связь, роль обменного взаимодействия. Гибридизация s- и p-орбиталей. Металлическая связь, оценка величины связи для простейшей модели. Водородная связь. Ван-дер-ваальсова связь, квантовая природа флуктуаций дипольного момента, потенциал Леннард-Джонса.
3	Симметрия кристаллов	Решетка Браве, кристаллическая структура. Элементарная ячейка, построение ячейки Вигнера-Зейтца. Группа трансляций. Пространственные и точечные группы. Классификация решеток Браве и кристаллических структур. Дифракция рентгеновского излучения на периодических структурах. Условия Лауэ и Брэгга-Вульфа. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Форма зон Бриллюэна в различных решетках. Кристаллографические направления и плоскости. Индексы Миллера.
4	Колебания кристаллической решетки	1. Гармоническое приближение: классические уравнения движения. Дисперсионное уравнение. Общая классификация колебательных мод; число различных мод; акустические и оптические колебания. Колебания линейных цепочек. Колебания неидеальных решеток, локальные моды. 2. Векторы поляризации и ортогональность различных мод. Разложение произвольных смещений по нормальным. Квантование колебаний решетки, фононы. Теплоемкость твердых тел. Ангармонизм колебаний кристаллических решеток. Распад и времена жизни фононов.
5	Электронные состояния в кристалле	1. Квантовая механика частицы в пространственно-периодическом поле; блоховские волновые функции; квазиимпульс. Теорема Блоха о средней скорости электронов в кристалле. Закон дисперсии электронов в кристаллах: общие свойства, разрешенные и запрещенные зоны. Приближения слабо и сильно связанных электронов. 2. Движение электронов в кристалле под действием внешних электрических и магнитных полей. Осцилляции Блоха. Межзонные переходы. Уровни Ландау. Циклотронный резонанс. Эффект де Гааза - ван Альвена. Квантовый эффект Холла. 3. Вывод зонной структуры графена в приближении сильно связанных электронов. Аналог уравнения Дирака. Парадокс Клейна. 4. Самосогласованное поле. Приближения Хартри и Хартри-Фока. Метод Томаса-Ферми. Метод функционала плотности (DFT). Теорема Кона-Хюэнберга и уравнение Кона-Шема. Приближение локальной плотности (LDA).
6	Металлы, полупроводники и диэлектрики в зонной теории	Число электронных состояний в зоне Бриллюэна. Принцип Паули, статистика Ферми и заполнение зон. Плотность состояний. Особенности ван Хофа. Теплоемкость электронного газа. Поверхность Ферми в металлах и ее связь с числом электронов. Удельное сопротивление. Отсутствие тока в целиком заполненной зоне. Теорема Латтинжера. Построение поверхности Ферми в приближении почти свободных электронов. Зонная структура полупроводников. Закон действующих масс.