

А. И. Ансельм

**ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ**



А. И. Ансельм

ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,
ДОПОЛНЕННОЕ И ПЕРЕРАБОТАННОЕ

*Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия для студентов
физических специальностей вузов*



МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1978

22.379

A71

УДК 537.311.33

A $\frac{20403-187}{053(02)-78}$ 82-78

© Наука. Главная редакция
физико-математической литературы
1978, с изменениями

ОГЛАВЛЕНИЕ

Из предисловия к первому изданию	6
Предисловие ко второму изданию	7
а I. Геометрия кристаллических решеток и дифракция рентгеновских лучей	9
§ 1. Простые и сложные кристаллические решетки	9
§ 2. Примеры конкретных кристаллических структур	15
§ 3. Прямая и обратная решетки кристалла	20
§ 4. Формулы Лауэ и Вульфа—Брэгга для дифракции рентгеновских лучей в кристалле. Атомный и структурный факторы рассеяния	24
Глава II. Элементы теории групп и симметрия кристаллов	30
§ 1. Введение	30
§ 2. Элементы абстрактной теории групп	33
§ 3. Точечные группы	39
§ 4. Группа трансляций. Сингонии (кристаллические системы) и решетки Браве	48
§ 5. Кристаллические классы. Пространственные группы	55
§ 6. Неприводимые представления групп и теория характеров	64
§ 7. Квантовая механика и теория групп	79
§ 8. Применение теории групп к исследованию расщепления уровней энергии примесного атома в кристалле и к классификации нормальных колебаний многоатомной молекулы	86
§ 9. Применение теории групп к трансляционной симметрии кристалла	96
§ 10. Правила отбора	106
Глава III. Колебания атомов кристаллической решетки	110
§ 1. Природа сил взаимодействия атомов в кристалле	110
§ 2. Колебания и волны в простой одномерной (линейной) решетке	119
§ 3. Колебания и волны в сложной одномерной (линейной) решетке	125
§ 4. Нормальные координаты для простой одномерной решетки	130
§ 5. Колебания атомов трехмерной сложной кристаллической решетки	133
§ 6. Нормальные координаты колебаний кристаллической решетки	145
§ 7. Колебания простой кубической решетки	151
§ 8. Применение теории групп к исследованию нормальных колебаний кристаллической решетки	157
§ 9. Колебания и волны в кристаллах в приближении изотропного континуума	166
§ 10. Квантование колебаний кристаллической решетки. Фононы	173
§ 11. Теория теплоемкости кристаллической решетки	178
§ 12. Уравнение состояния твердого тела	186
§ 13. Тепловое расширение и теплопроводность твердого тела	191

Глава IV. Электроны в идеальном кристалле	196
§ 1. Общая постановка задачи. Адиабатическое приближение	196
§ 2. Метод Хартри—Фока	199
§ 3. Электрон в периодическом поле	206
§ 4. Понятие о положительных дырках почти заполненной валентной зоны	217
§ 5. Приближение почти свободных (слабо связанных) электронов	221
§ 6. Зоны Бриллюэна	225
§ 7. Приближение сильно связанных электронов	231
§ 8. Структура энергетических зон и симметрия волновых функций в простой кубической решетке и в кристалле сурмянистого индия	246
§ 9. Группы волнового вектора для решетки типа германия	253
§ 10. Спин-орбитальное взаимодействие и двойные группы	258
§ 11. Двойные группы в кристаллах InSb и Ge	266
§ 12. Спин-орбитальное расщепление в кристаллах InSb и Ge	272
§ 13. Исследование спектра электронов (дырок) вблизи минимума (максимума) энергии в зоне Бриллюэна (<i>кр</i> -метод)	276
§ 14. Симметрия, связанная с обращением времени	291
§ 15. Структура энергетических зон некоторых полупроводников	299
Глава V. Локализованные состояния электрона в кристалле	304
§ 1. Функции Ванье. Движение электрона в поле примеси	304
§ 2. Локализованные состояния электрона в неидеальной решетке	311
§ 3. Экситоны	318
§ 4. Полярны	325
Глава VI. Электрические, тепловые и магнитные свойства твердых тел	336
§ 1. Металлы, диэлектрики и полупроводники	336
§ 2. Статистическое равновесие свободных электронов в полупроводниках и металлах	338
§ 3. Теплоемкость свободных электронов в металлах и полупроводниках	349
§ 4. Магнитные свойства вещества. Парамагнетизм газов и электронов проводимости в металлах и полупроводниках	352
§ 5. Диамагнетизм атомов и электронов проводимости. Магнитные свойства полупроводников	361
§ 6. Циклотронный (диамагнитный) резонанс	372
§ 7. Контакт полупроводника с металлом. Выпрямление	380
§ 8. Свойства <i>p</i> — <i>n</i> -переходов	387
§ 9. Генерация и рекомбинация носителей тока. Квазиуровни Ферми	394
Глава VII. Оптика полупроводников	398
§ 1. Дисперсионные соотношения Крамерса—Кронига	398
§ 2. Межзонное поглощение света, связанное с прямыми переходами	403
§ 3. Межзонные непрямы переходы	417
§ 4. Поглощение света в полупроводниках свободными носителями	426
§ 5. Поляритоны	428
§ 6. Эффект вращения Фарадея	432
§ 7. Теория межзонного поглощения света в квантующем магнитном поле	436
§ 8. Поглощение света в полупроводниках в однородном электрическом поле (эффект Франца—Келдыша)	445

Глава VIII. Кинетическое уравнение и время релаксации для электронов проводимости в кристаллах	454
§ 1. Явления переноса и кинетическое уравнение Больцмана	454
§ 2. Кинетическое уравнение для электронов в кристалле	463
§ 3. Рассеяние электронов на акустических колебаниях решетки	467
§ 4. Время релаксации электронов проводимости в атомном полупроводнике и металле	471
§ 5. Теория деформационного потенциала в кубических кристаллах с простой зонной структурой	476
§ 6. Рассеяние электронов проводимости в ионных кристаллах на колебаниях решетки	481
§ 7. Рассеяние электронов проводимости на заряженных и нейтральных атомах примесей	488
Глава IX. Кинетические процессы (явления переноса) в полупроводниках	494
§ 1. Введение	494
§ 2. Определение неравновесной функции для электронов проводимости в случае сферически-симметричной зоны	497
§ 3. Электропроводность невырожденных полупроводников с простой зонной структурой	502
§ 4. Термоэлектрические явления в невырожденных полупроводниках с простой зонной структурой	506
§ 5. Гальваномагнитные явления в невырожденных полупроводниках с простой зонной структурой	513
§ 6. Термомагнитные явления в невырожденных полупроводниках с простой зонной структурой	520
§ 7. Явления переноса в полупроводниках с простой зоной при произвольном вырождении	527
§ 8. Явления переноса в полупроводниках типа германия и кремния	533
§ 9. Явления переноса в полупроводниках со сферической непараболической зоной	553
§ 10. Эффект «фононного увлечения» в полупроводниках	557
§ 11. Квантовая теория гальвано- и термомагнитных явлений в полупроводниках	563
Приложения	574