

Оглавление

Предисловие	9
Глава 1. Классификация твердых тел. Кристаллическая структура. Квантовые следствия трансляционной симметрии кристаллов	12
1.1. Классификация твердых тел и кристаллов	12
1.1.1. Типы связей атомов в твердых телах. Ионные, ковалентные кристаллы, металлы, молекулярные кристаллы и кристаллы с водородной связью	13
1.2. Кристаллическая структура твердых тел	20
1.2.1. Трансляционная симметрия. Пространственная решетка	20
1.2.2. Обратная решетка кристаллов	22
1.3. Квантовые следствия трансляционной симметрии кристаллов	26
1.3.1. Собственные значения и собственные функции оператора трансляции	26
1.3.2. Свойства стационарных состояний кристалла, базирующиеся на его трансляционной симметрии. Зонная структура	30
1.4. Контрольные вопросы	31
Глава 2. Колебания кристаллической решетки.	
Фононы	32
Введение	32
2.1. Фононы в ковалентных и молекулярных кристаллах	33
2.1.1. Фононы в одномерном кристалле с одним атомом в элементарной ячейке	33

2.1.2.	Фононы в одномерном кристалле с двумя атомами в элементарной ячейке	39
2.1.3.	Фононы в трехмерном кристалле	45
2.1.4.	Взаимодействие между фононами	50
2.2.	Фононная теплоемкость твердых тел	54
2.3.	Уравнение состояния твердых тел	60
2.4.	Фононы в ионных кристаллах	64
2.4.1.	Макроскопическая теория оптических ветвей колебаний	64
2.4.2.	Макроскопическая теория поляритонов	70
2.4.3.	Квантовая теория поляритонов	74
2.5.	Определение спектра колебаний решетки с помощью рассеяния нейтронов	82
2.6.	Контрольные вопросы	87

Глава 3. Плазменные волны в твердых телах. Плазмонны 89

3.1.	Плазменные колебания в металлах и полупроводниках как коллективное движение электронов	89
3.1.1.	Длинноволновое приближение. Плазмонны	90
3.2.	Область применимости длинноволнового приближения. Приближение хаотических фаз	94
3.3.	Экранирование кулоновского взаимодействия электронов плазменными колебаниями	98
3.4.	Экспериментальные наблюдения плазмонов	99
3.5.	Контрольные вопросы	102

Глава 4. Электронные свойства кристаллов 103

4.1.	Электроны в периодическом поле. Принципы одноэлектронной теории	103
4.2.	Тензор обратной эффективной массы электрона. Метод эффективной массы	107
4.3.	Вычисление эффективной массы электрона, $\vec{k}\vec{p}$ -метод	109
4.4.	Приближенные методы вычисления одноэлектронных состояний	111
4.4.1.	Приближение почти свободных электронов	111
4.4.2.	Приближение сильной связи	114
4.5.	Вторичное квантование системы электронов	121

4.5.1.	Представление чисел заполнения для электронов	123
4.5.2.	Дырочное представление	125
4.6.	Типы твердых тел. Зонная картина	127
4.7.	Изоэнергетические поверхности. Плотность электронных состояний	130
4.8.	Статистические свойства электронов в твердых телах	136
4.8.1.	Статистика электронов в металлах	136
4.8.2.	Статистика электронов в полупроводниках и полуметаллах	142
4.8.3.	Экспериментальные исследования теплоемкости металлов и выделение электронной составляющей	149
4.9.	Магнетизм электронного газа	151
4.9.1.	Магнетизм электронного газа: слабые поля	151
4.9.2.	Магнетизм электронного газа: сильные поля	157
4.10.	Элементарные возбуждения в квантовой ферми-жидкости, электронная ферми-жидкость металлов	163
4.10.1.	Элементарные возбуждения в квантовой ферми-жидкости	163
4.10.2.	Взаимодействие квазичастиц	169
4.10.3.	Электронная ферми-жидкость металлов	172
4.11.	Экситоны Ванье-Мотта	174
4.12.	Экситоны Френкеля	179
4.13.	Контрольные вопросы	182
Глава 5.	Электрон - фононное взаимодействие	184
	Введение	184
5.1.	Метод потенциала деформации в ковалентных кристаллах	185
5.2.	Электрон-фононное взаимодействие в ионных кристаллах	192
5.2.1.	Модель полярона Фрелиха	194
5.2.2.	Квазиклассическая теория полярона Пекара	195
5.2.3.	Квантовая теория взаимодействия электронов с фононами в ионных кристаллах	196
5.3.	Сверхпроводимость	202

5.3.1.	Эффективное взаимодействие между электронами, обусловленное фононами металла .	206
5.3.2.	Каноническое преобразование Боголюбова в теории сверхпроводимости	212
5.4.	Контрольные вопросы	219

Глава 6. Магнитоупорядоченные системы. Спиновые волны. Магноны

6.1.	Классификация типов магнитоупорядоченных состояний твердых тел	220
6.2.	Теория молекулярного поля Вейсса в описании магнитных фазовых превращений	222
6.2.1.	Модель "идеального" парамагнетика	223
6.2.2.	Введение эффективного молекулярного поля	224
6.2.3.	Уравнение состояния магнетика. Характеристики ферромагнитного фазового перехода в приближении молекулярного поля . . .	227
6.2.4.	Молекулярное поле и модель Гейзенберга . .	232
6.3.	Спиновые гамильтонианы	233
6.4.	Спиновые волны в ферромагнетиках. Магноны . .	238
6.4.1.	Спиновые волны и магноны в ферромагнетиках без учета эффектов магнитной анизотропии	239
6.4.2.	Магноны в ферромагнетиках с учетом эффектов магнитной анизотропии и магнитных дипольных взаимодействий	243
6.5.	Описание эффектов взаимодействия магнонов . . .	246
6.6.	Статистические свойства магнонов. Теплоемкость газа магнонов	248
6.7.	Спиновые волны и магноны в антиферромагнетиках	250
6.8.	Контрольные вопросы	253

Глава 7. Влияние дефектов структуры на спектр элементарных возбуждений в кристалле

7.1.	Типы дефектов структуры	254
7.2.	Влияние точечных дефектов структуры на спектр элементарных возбуждений в кристалле	271

7.2.1.	Влияние точечных дефектов структуры кристалла на зонную картину электронного спектра	271
7.2.2.	Влияние дефектов структуры на колебания решетки	276
7.2.3.	Влияние дефектов структуры на диффузию и ионную проводимость в кристаллах	281
7.3.	Локализованные состояния и поверхностные элементарные возбуждения	285
7.3.1.	Влияние поверхности на электронный спектр. Электронные поверхностные состояния	286
7.3.2.	Поверхностные плазмоны	291
7.3.3.	Поверхностные плазмоны и их вклад во взаимодействие материалов (металлов и полупроводников)	296
7.3.4.	Поверхностные фононы и поляритоны	299
7.3.5.	Поверхностные магноны	312
7.4.	Контрольные вопросы	318
Глава 8. Метод функционала плотности и его приложения к физике поверхностных явлений		320
8.1.	Введение	320
8.2.	Исходные уравнения метода функционала плотности	321
8.2.1.	Теория функционала плотности в формулировке Хоэнберга - Кона	321
8.2.2.	Вариационный принцип Хоэнберга-Кона	323
8.2.3.	Самосогласованные уравнения Кона - Шэма	325
8.2.4.	Метод пробных функций. Приближение Томаса-Ферми	330
8.3.	Применение МФП к расчету поверхностной энергии	336
8.3.1.	Расчет поверхностной энергии металлов в рамках модели желе	336
8.3.2.	Учет влияния дискретности кристаллической решетки на величину поверхностной энергии	339

8.3.3.	Учет влияния градиентных поправок 4-го порядка в расчетах поверхностной энергии металлов	345
8.3.4.	Учет эффектов решеточной релаксации металлических поверхностей	347
8.4.	Применение МФП к расчету работы выхода электрона с поверхности металла	351
8.5.	Контрольные вопросы и задания	360
Глава 9.	Структурные фазовые переходы	363
9.1.	Введение	363
9.2.	Модельный гамильтониан для описания структурных фазовых переходов	368
9.3.	Параметры порядка	371
9.3.1.	Основные параметры порядка	371
9.3.2.	Вторичные параметры порядка	374
9.4.	Феноменологическая теория Ландау	376
9.4.1.	Рассмотрение систем с однокомпонентным параметром порядка	376
9.4.2.	Рассмотрение систем с многокомпонентным параметром порядка	382
9.4.3.	Учет влияния флуктуаций на поведение систем при фазовых переходах	394
9.5.	Ренормгрупповая теория критических явлений	402
9.5.1.	Критические показатели (индексы). Соотношения между критическими индексами	402
9.5.2.	Гипотеза подобия	404
9.5.3.	Метод ренормгруппы и ε -разложения	414
9.5.4.	Критическое поведение анизотропных систем	424
9.6.	Контрольные вопросы и задания	428
	Литература	430