

КЛАССИЧЕСКИЙ УЧЕБНИК МГУ

Г. С. Жданов  
А. Г. Хунджуа



# ФИЗИКА РЕАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ

- ПРИНЦИПЫ СТРОЕНИЯ
- РЕАЛЬНАЯ СТРУКТУРА
- ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ



URSS

**Г. С. Жданов, А. Г. Хунджуа**

# **ФИЗИКА РЕАЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ**

**ПРИНЦИПЫ СТРОЕНИЯ  
•  
РЕАЛЬНАЯ СТРУКТУРА  
•  
ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ**

Издание второе,  
переработанное и дополненное



**URSS**  
**МОСКВА**

**Жданов Герман Степанович,  
Хунджуа Андрей Георгиевич**

**Физика реальных кристаллов: Принципы строения, реальная структура, фазовые превращения.** Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: ЛЕНАНД, 2023. — 256 с. (Классический учебник МГУ.)

В настоящей книге дается углубленное изложение некоторых важных разделов структурной кристаллофизики. В их числе — теория межатомных взаимодействий, принципы строения конденсированных систем, особенности дефектной структуры кристаллов, термодинамика структурных фазовых превращений в конденсированном состоянии. Теоретические выводы проиллюстрированы экспериментальными данными.

Книга предназначена для студентов, специализирующихся в области физики твердого тела. Она также будет полезна аспирантам, преподавателям, научным работникам.

**Рецензенты 1-го издания:** проф. В. И. Симонов, проф. И. А. Яковлев

*1-е издание выходило под заглавием «Лекции по физике твердого тела: Принципы строения, реальная структура, фазовые превращения»*

ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.  
Формат 60×90/16. Печ. л. 16. Зак. № 184621.

Отпечатано в АО «Т 8 Издательские Технологии».  
109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

ISBN 978–5–9710–6257–8

© ЛЕНАНД, 2023

29826 ID 277306



9 785971 062578

НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА	
	E-mail: <a href="mailto:URSS@URSS.ru">URSS@URSS.ru</a>
	Каталог изданий в Интернете: <a href="http://URSS.ru">http://URSS.ru</a>
	Тел./факс (многоканальный): + 7 (499) 724 25 45
	URSS

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию.....	5
Предисловие к первому изданию .....	5
<b>ГЛАВА 1. Межатомные взаимодействия</b> <b>и теория химической связи .....</b>	<b>6</b>
§ 1. Строение атомов и периодическая система элементов .....	6
§ 2. Межатомные взаимодействия.....	17
§ 3. Гомополярные связи .....	21
§ 4. Гетерополярная и ионная связи .....	30
§ 5. Донорно-акцепторная связь .....	34
§ 6. Силы отталкивания.....	35
§ 7. Энергия связи.....	36
§ 8. Энергия решетки ионных кристаллов.....	40
§ 9. Энергия металлической связи.....	41
<b>ГЛАВА 2. Электронные волны в кристалле .....</b>	<b>45</b>
§ 1. Электронные волны в бесконечном кристалле .....	45
§ 2. Электронные волны в конечном кристалле.....	47
§ 3. Энергия Ферми.....	48
§ 4. Псевдопотенциал .....	54
<b>ГЛАВА 3. Принципы строения твердого тела.....</b>	<b>60</b>
§ 1. Ближний и дальний порядок.....	60
§ 2. Конденсация модельной системы .....	69
§ 3. Плотные шаровые упаковки .....	72
§ 4. Принцип плотной упаковки.....	76
§ 5. Принцип валентной упаковки.....	82
Задачи.....	85
<b>ГЛАВА 4. Типы конденсированных систем .....</b>	<b>91</b>
§ 1. Общие характеристики конденсированных систем.....	91
§ 2. Кристаллизация.....	93
§ 3. Стеклование (твердение расплава).....	99
§ 4. Аморфизация.....	101
§ 5. Жидкие кристаллы.....	102
§ 6. Многообразие фазовых переходов вещества .....	106
<b>ГЛАВА 5. Идеальный и реальный кристаллы .....</b>	<b>107</b>
§ 1. Идеальный кристалл .....	107
§ 2. Рассеяние идеальным и мозаичным кристаллами.....	107
§ 3. Реальный кристалл.....	109
§ 4. Ограниченный кристалл.....	111

<b>ГЛАВА 6. Точечные дефекты</b> .....	114
§ 1. Точечные дефекты в металлах .....	114
§ 2. Твердые растворы .....	118
§ 3. Самодиффузия и диффузия .....	124
§ 4. Точечные дефекты в ковалентных и ионных кристаллах ....	127
<b>ГЛАВА 7. Дислокации и поверхностные дефекты в металлах</b> .....	129
§ 1. Прочность и пластичность кристаллов .....	129
§ 2. Краевая, винтовая и криволинейная дислокации .....	132
§ 3. Континуальная теория дислокаций .....	137
§ 4. Динамика дислокаций.....	140
§ 5. Преодоление препятствий дислокациями.....	144
§ 6. Наблюдение дислокаций в кристаллах .....	146
§ 7. Винтовые дислокации и рост кристаллов .....	149
§ 8. Поверхности раздела и объемные дефекты .....	151
<b>ГЛАВА 8. Термодинамика фазовых превращений</b> .....	154
§ 1. Термодинамическое равновесие в бинарных системах.....	154
§ 2. Классификация фазовых переходов .....	164
§ 3. Диаграммы состояний бинарных систем .....	169
§ 4. Построение диаграмм состояний.....	182
§ 5. Диаграммы состояний тройных (тернарных) систем .....	183
<b>ГЛАВА 9. Статистический расчет термодинамических характеристик бинарного твердого раствора</b> .....	187
§ 1. Энергия связи в приближении парного взаимодействия.....	187
§ 2. Энтропия смешения .....	190
§ 3. Концентрационная зависимость термодинамического потенциала твердого раствора.....	192
§ 4. Вывод основных типов диаграмм состояний методами геометрической термодинамики .....	197
§ 5. Температурная зависимость растворимости .....	202
<b>ГЛАВА 10. Фазовые превращения в твердом состоянии</b> .....	205
§ 1. Стабильность фаз и механизмы фазовых превращений в твердом состоянии .....	205
§ 2. Роль межфазной границы при фазовых превращениях.....	207
§ 3. Бездиффузионные и диффузионные фазовые превращения.....	211
§ 4. Диффузия в твердых телах.....	212
§ 5. Распад твердого раствора .....	219
§ 6. Спинодальный распад.....	225
§ 7. Фазовые переходы типа «порядок – беспорядок».....	231
§ 8. Мартенситные и магнитные превращения .....	242
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	253