

В. А. Гольдаде, А. В. Семченко, С. А. Хахомов

# ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

*Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
учреждений высшего образования по специальностям  
«Физика», «Прикладная физика», «Радиофизика  
и информационные технологии»  
и по специальностям магистратуры «Ядерная физика  
и радиационная безопасность», «Ядерная физика и технологии»*

В двух частях

Часть 1

Минск  
РИВШ  
2023

**Гольдаде, В. А.** Физика твердого тела : учебное пособие. В 2 ч. Ч 1. / В. А. Гольдаде, А. В. Семченко, С. А. Хахомов. — Минск : РИВШ, 2023 — 272 с.

УДК 539.2(075.8)

ББК 22

**Абонемент уч. лит. — 4 экз.**

**Чит. зал №1 — 1 экз.**

В учебном пособии изложены основные разделы физики твердого тела – от строения атома и молекулы до структуры и свойств твердых тел. На основании понятий дальнего и ближнего порядков рассмотрена структура вещества в твердом состоянии. Изложены основы зонной теории твердых тел. Описаны основные свойства твердых тел (механические, электрические, магнитные, оптические), явления переноса, взаимодействие излучений с веществом. Отдельная глава посвящена новому разделу физики твердого тела – метаматериалам.

В первой части приведены сведения, касающиеся структуры вещества, кристаллического и аморфного состояния, рассмотрена зонная теория твердых тел, а также их механические и электрические свойства.

---

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>Глава 1. СТРУКТУРА ВЕЩЕСТВА</b> .....	9
<b>1.1. Атом</b> .....	9
1.1.1. Общая характеристика строения атома .....	10
1.1.2. Энергия атома и ее квантование .....	12
1.1.3. Квантовые состояния атома водорода .....	14
1.1.4. Электронные оболочки и электронные конфигурации сложных атомов .....	16
1.1.5. Атомные спектры .....	19
1.1.6. Химические и физические свойства атома .....	22
<b>1.2. Молекула</b> .....	23
1.2.1. Химическая связь .....	24
1.2.2. Энергия связи атомов .....	27
1.2.3. Классификация связей .....	29
1.2.4. Структура молекул .....	37
1.2.5. Внутренняя энергия молекулы .....	40
1.2.6. Молекулярные спектры .....	44
1.2.7. Свойства молекул .....	46
<b>1.3. Фазовое состояние вещества</b> .....	48
1.3.1. Фазовый переход первого рода .....	50
1.3.2. Фазовый переход второго рода .....	51
1.3.3. Диаграмма состояния .....	53
1.3.4. Упорядоченность в твердых телах .....	56
<b>Вопросы для самоподготовки</b> .....	59
<b>Глава 2. КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ И АМОРФНОЕ СОСТОЯНИЕ</b> .....	60
<b>2.1. Кристаллическая структура</b> .....	61
2.1.1. Симметрия кристаллов .....	61
2.1.2. Кристаллическая решетка .....	64
2.1.3. Кристаллографические обозначения .....	69
2.1.4. Обратная решетка .....	71

2.1.5. Геометрическая модель .....	72
2.1.6. Колебания кристаллической решетки.....	77
2.1.7. Дефекты в кристаллах.....	81
2.1.8. Типы кристаллов.....	90
2.1.9. Домены.....	96
<b>2.2. Стеклообразное и аморфное состояние.....</b>	<b>99</b>
2.2.1. Терминология и классификация.....	100
2.2.2. Стекла.....	104
2.2.3. Аморфные металлы.....	108
2.2.4. Аморфные и стеклообразные полупроводники.....	110
<b>2.3. Жидкие кристаллы.....</b>	<b>112</b>
<b>Вопросы для самоподготовки.....</b>	<b>116</b>
<b>Глава 3. ЗОННАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....</b>	<b>118</b>
<b>3.1. Квантовомеханические предпосылки зонной теории.....</b>	<b>118</b>
3.1.1. Корпускулярно-волновой дуализм.....	118
3.1.2. Волновые функции и уравнение Шрёдингера.....	120
<b>3.2. Зоны Бриллюэна.....</b>	<b>127</b>
<b>3.3. Поверхность и энергия Ферми.....</b>	<b>130</b>
<b>3.4. Энергетический спектр электронов в кристалле.....</b>	<b>132</b>
3.4.1. Одномерная модель электронных зон.....	133
3.4.2. Заполнение зон электронами в идеальном кристалле.....	138
3.4.3. Эффективная масса электрона.....	141
3.4.4. Примесные уровни и поверхностные состояния.....	145
<b>3.5. Энергетический спектр некристаллических твердых тел.....</b>	<b>149</b>
3.5.1. Плотность состояний.....	149
3.5.2. Границы применимости зонной теории.....	153
<b>3.6. Квантовые представления в физике твердого тела.....</b>	<b>155</b>
3.6.1. Концепция квазичастиц.....	155
3.6.2. Типы квазичастиц.....	158
3.6.3. Взаимодействие и движение частиц в твердом теле.....	162
<b>Вопросы для самоподготовки.....</b>	<b>166</b>
<b>Глава 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....</b>	<b>167</b>
<b>4.1. Основные термины и определения.....</b>	<b>167</b>
<b>4.2. Упругость.....</b>	<b>172</b>
<b>4.3. Пластичность.....</b>	<b>178</b>

<b>4.4. Прочность</b> .....	182
4.4.1. Физическая природа прочности .....	182
4.4.2. Показатели прочности .....	185
4.4.3. Длительная прочность .....	189
4.4.4. Усталость .....	191
<b>4.5. Твердость</b> .....	193
<b>4.6. Трибологические свойства</b> .....	197
<b>Вопросы для самоподготовки</b> .....	204
<b>Глава 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ</b> .....	205
<b>5.1. Электропроводность</b> .....	205
<b>5.2. Поляризация</b> .....	208
5.2.1. Основные понятия .....	208
5.2.2. Механизмы поляризации.....	210
<b>5.3. Проводники</b> .....	216
5.3.1. Металлы .....	216
5.3.2. Твердые электролиты.....	221
<b>5.4. Полупроводники</b> .....	225
5.4.1. Классификация .....	225
5.4.2. Зонная структура.....	227
5.4.3. Собственная и примесная проводимость .....	229
5.4.4. Контактные явления .....	237
<b>5.5. Диэлектрики</b> .....	241
5.5.1. Механизмы проводимости .....	241
5.5.2. Поляризация диэлектрика в отсутствие внешнего электрического поля .....	247
5.5.3. Электреты .....	253
<b>5.6. Сверхпроводимость</b> .....	258
5.6.1. Эксперимент и модели .....	258
5.6.2. Эффект Джозефсона .....	262
<b>Вопросы для самоподготовки</b> .....	265
<b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b> .....	267