

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»

Соболев С.В., Коротковский В.И.

ОСНОВЫ ФИЗИКИ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Учебное пособие

Рекомендовано федеральным учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненным группам специальностей и направлений подготовки 16.00.00. «Физико-технические науки и технологии» в качестве учебного пособия для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки бакалавров 16.03.01 «Техническая физика» и направлению подготовки магистров 16.04.01 «Техническая физика»

Курск 2018

В36.7
С54

УДК 539.8

ББК 22.3

С 54

Рецензенты:

Кузьменко А.П., доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры нанотехнологий и инженерной физики Юго-Западного государственного университета, г. Курск, Россия
Еркович О.С., кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана

С 54 Соболев С.В., Коротковский В.И.

Основы физики конденсированного состояния: Учебное пособие/ Соболев С.В., Коротковский В.И. – Юго-Западный гос. ун-т, Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», 2018. – 140 с.

ISBN 978-5-907049-01-7

В учебном пособии последовательно излагаются основы следующих вопросов физики конденсированной среды: магнитные свойства вещества; диэлектрики; кристаллическая решётка; зонная теория твёрдых тел; сверхпроводимость; сверхтекучесть.

Теоретический материал пособия дополнен условиями практических заданий и ответов к ним.

Для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлению подготовки «Техническая физика», а также студентов смежных направлений подготовки, в учебные планы которых входит дисциплина «Физика конденсированного состояния».

ISBN 978-5-907049-01-7

УДК 539.8

ББК 22.3

Б/инв.

БЕН РАН
отдел в Учреждении РАН
Научном центре РАН
в Черноголовке

© Соболев С.В., 2018

© Коротковский В.И., 2018

© ЗАО «Университетская книга», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----------|
| Предисловие | 5 |
| Введение | 6 |
| Глава I. Магнитные свойства вещества..... | 7 |
| § 1. Диамагнетики. Теорема Лармора. Магнитная восприимчивость диамагнетиков. Замечание о диамагнетизме газа свободных электронов металла..... | 7 |
| § 2. Классическая теория парамагнетизма. Закон Кюри | 11 |
| § 3. Основы квантовой теории парамагнетизма | 13 |
| § 4. Парамагнетизм электронного газа | 15 |
| § 5. Адиабатное размагничивание парамагнитных тел как способ получения низких температур..... | 18 |
| § 6. Ферромагнетики и их свойства. Закон Кюри–Вейсса. Перестройка доменной структуры в процессе намагничивания ферромагнетика. 19 | |
| § 7. Классическая теория ферромагнетизма Вейсса и её затруднения | 24 |
| § 8. Обменное взаимодействие и возникновение ферромагнитного состояния | 28 |
| <i>Задачи.....</i> | 31 |
| Глава II. Диэлектрики..... | 34 |
| § 1. Неполарные диэлектрики и их поляризуемость в постоянном электрическом поле. Формула Клаузиуса–Мосотти..... | 34 |
| § 2. Поларные диэлектрики и температурная зависимость их поляризуемости. Формула Дебая..... | 36 |
| § 3. Сегнетоэлектрики | 39 |
| § 4. Дисперсия электромагнитных волн. Показатель преломления плоской мономатической электромагнитной волны в неполярном диэлектрике. Нормальная и аномальная дисперсия | 40 |
| <i>Задачи.....</i> | 47 |
| Глава III. Кристаллическая решётка | 48 |
| § 1. Межатомные и межмолекулярные взаимодействия | 48 |
| § 2. Геометрия кристаллической решетки..... | 56 |
| § 3. Акустические и оптические колебания кристаллической решётки. Закон дисперсии. Нормальные колебания решётки..... | 60 |
| § 4. Характер тепловых колебаний кристаллической решётки. Распределение числа нормальных колебаний решётки по частотам. Фононы. Энергия нормальных колебаний..... | 65 |
| <i>Задачи.....</i> | 69 |
| Глава IV. Зонная теория твёрдых тел..... | 71 |
| § 1. Расщепление атомных энергетических уровней электронов в кристалле и образование энергетических зон. Структура зоны | 71 |

| | |
|--|------------|
| § 2. Движение электрона в периодическом поле кристалла. Функция Блоха. Модель Кронига–Пенни..... | 74 |
| § 3. Зоны Бриллюэна. Эффективная масса электрона | 78 |
| § 4. Деление тел на изоляторы, проводники и полупроводники с точки зрения зонной теории..... | 83 |
| § 5. Классическая теория электропроводности и её затруднения | 87 |
| § 6. Элементы квантовой теории электропроводности чистых металлов | 89 |
| Задачи..... | 92 |
| Глава V. Сверхпроводимость | 94 |
| § 1. Явление сверхпроводимости. Основные свойства сверхпроводящего состояния вещества | 94 |
| § 2. Электронный газ в металле в нормальном состоянии | 98 |
| § 3. Основы теории сверхпроводимости металлов | 102 |
| § 4. Электромагнитные свойства сверхпроводников. Сверхпроводники лондоновского и пиппардовского типа. Квантование магнитного потока..... | 106 |
| § 5. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода..... | 111 |
| § 6. Эффект Джозефсона..... | 115 |
| § 7. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников..... | 118 |
| Глава VI. Сверхтекучесть | 121 |
| § 1. Квантовая жидкость. Жидкий гелий и его основные свойства | 121 |
| § 3. Двухжидкостная феноменологическая модель $HeII$ | 127 |
| § 4. Жидкий 3He | 132 |
| Заключение | 135 |
| Ответы | 136 |
| Основная литература | 138 |
| Дополнительная литература..... | 139 |