

Министерство образования Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

А. В. Проказников

Теори квазичастиц в конденсированных средах

Учебное пособие

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов, обучающихся по направлению Физика*

Ярославль 2012

УДК 539.12:538.911(075.8)

ББК В36я73+В37я73

П 80

Рекомендовано

*Редакционно-издательским советом университета
в качестве научного издания. План 2012 года*

Рецензенты:

В. В. Морозов, доктор физ.-мат. наук, профессор;
Ярославский филиал Физико-технологического института
Российской академии наук

Проказников, А. В. Теория квазичастиц в конденсированных
П 80 средах: учебное пособие / А. В. Проказников ; Яросл. гос. ун-т
им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2012. – 136 с.
ISBN 978-5-8397-0863-1

Данное учебное пособие представляет собой введение в методы квазичастичного описания конденсированных сред. В частности, достаточно подробно рассмотрены квазичастицы – кванты коллективных возбуждений (поляритоны, плазмоны, магноны) в твердых телах, взаимодействующие с электромагнитным излучением. Изложены основные положения теории коллективных магнитных колебаний в спиновой подсистеме твердых тел. Пособие снабжено заданиями и контрольными вопросами для самостоятельной работы.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 010700.62, 011200.62 Физика (дисциплина «Физика квазичастиц в конденсированном состоянии», блок СД, цикл БЗ), очной формы обучения.

Издано при финансовой поддержке НИР ЗН-1063.

*В оформлении обложки использована композиция
М. Эшера «Куб с лентами»*

УДК 539.12:538.911(075.8)

ББК В36я73+В37я73

ISBN 978-5-8397-0863-1

© Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова, 2012

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| 1. Введение. Материя и свет. Общие свойства стационарных состояний кристалла, базирующиеся на его симметрии | 5 |
| 1.1. Принципы симметрии. Симметрия физических явлений и свойств кристаллов..... | 10 |
| 1.2. Квантовая механика и теория групп | 11 |
| 1.3. Теорема Блоха..... | 16 |
| Контрольные вопросы..... | 18 |
| 2. Классификация веществ по удельной электрической проводимости | 18 |
| 2.1. Классификация веществ по удельному сопротивлению ... | 18 |
| 2.2. Модельные представления о механизме электропроводности в полупроводниках | 23 |
| 2.3. Элементарная теория электропроводности..... | 30 |
| Контрольные вопросы..... | 34 |
| 3. Геометрия кристаллических решеток | 35 |
| 3.1. Прямая и обратная решетки..... | 35 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 37 |
| Контрольные вопросы..... | 40 |
| 4. Распространение света в ионных кристаллах..... | 40 |
| 4.1. Микроскопическая теория оптических ветвей колебаний..... | 40 |
| 4.2. Макроскопическая теория поляритонов..... | 47 |
| 4.3. Квантовая теория поляритонов | 51 |
| Контрольные вопросы..... | 60 |
| 5. Плазменные волны в твердых телах..... | 60 |
| 5.1. Введение | 60 |
| 5.2. Общие представления о плазменных колебаниях в конденсированных средах..... | 61 |
| 5.3. Теория плазменных волн в кристаллах..... | 63 |
| 5.4. Возбуждение плазменных волн..... | 72 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 78 |
| Контрольные вопросы..... | 92 |

| | |
|--|------------|
| 6. Спиновые волны в ферромагнетиках. Магноны | 92 |
| 6.1. Введение | 92 |
| 6.2. Приближение молекулярного поля и ферромагнитный переход | 95 |
| 6.3. Гейзенберговский спиновый гамильтониан..... | 101 |
| 6.4. Спиновые волны | 104 |
| 6.5. Представление спиновых операторов через операторы спиновых возбуждений | 108 |
| 6.6. Энергетический спектр изотропного ферромагнетика при малых возбуждениях..... | 111 |
| 6.7. Теплоемкость газа магнонов..... | 113 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 115 |
| Контрольные вопросы..... | 117 |
| 7. Экситоны | 117 |
| 7.1. Экситоны Ванье – Мотта | 117 |
| 7.2. Экситон в квантовых ямах..... | 120 |
| Задания для самостоятельной работы..... | 122 |
| Контрольные вопросы..... | 123 |
| Приложение. Расчетные задания для компьютерных вычислений | 124 |
| Литература | 132 |