

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
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