

УДК 530.145.6(075.8)

ББК 22.31я73

Т98

**Тюрин Ю.И.**

Т98      Физика. Квантовая физика: учебник / Ю.И. Тюрин, И.П. Чернов, Ю.Ю. Крючков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 320 с.  
ISBN 5-98298-457-4

Учебник посвящен физике квантовых процессов, содержит многочисленные примеры, упражнения и задачи. Основное внимание уделено раскрытию физического смысла квантовой оптики, квантово-механическому описанию свойств атомов, современным представлениям физики конденсированного состояния. Классический по построению и содержанию курс имеет целью выработать у студентов практические навыки использования фундаментальных физических закономерностей для решения профессиональных задач.

Учебник разработан в рамках реализации Инновационной образовательной программы ТПУ по направлению «Технологии водородной энергетики, энергосбережение и возобновляемые источники энергии» и предназначен для преподавателей, студентов, бакалавров, магистров, обучающихся в технических университетах.

**УДК 530.145.6(075.8)**

**ББК 22.31я73**

*Рецензенты*

Доктор физико-математических наук, профессор ТГПУ

*В.И. Шишковский*

Доктор физико-математических наук, профессор,  
зав. кафедрой прикладной и теоретической физики НГТУ

*В.Г. Дубровский*

Академик РАН

главный научный сотрудник Института теплофизики СО РАН

*В.Е. Накоряков*

**ISBN 5-98298-457-4**

© ГОУ ВПО «Томский политехнический университет», 2009

© Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков Ю.Ю., 2009

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	6
1. РАЗВИТИЕ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ .....	8
2. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА СВЕТА И ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА .....	15
2.1. Классическая и квантовая физика .....	15
2.2. Корпускулярно-волновой дуализм света .....	16
2.3. Тепловое излучение .....	18
2.4. Классическая теория теплового излучения. Ультрафиолетовая катастрофа .....	27
2.5. Гипотеза о квантах. Формула Планка .....	34
2.6. Тепловое излучение Вселенной .....	38
2.7. Фотоэффект .....	42
2.8. Эффект Комптона .....	46
2.9. Корпускулярно-волновой дуализм .....	51
2.10. Волновая функция .....	54
2.11. Дифракция электронов .....	59
2.12. Опыты с нейтронами и пучками частиц .....	69
Основные выводы .....	72
Упражнения .....	75
Задачи .....	76
3. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА .....	78
3.1. Волновые пакеты .....	78
3.2. Соотношение неопределенностей .....	82
3.3. Скорость волновых пакетов .....	93
3.4. Расплывание волнового пакета .....	94
3.5. Частица в ящике .....	97
3.6. Уравнение Шрёдингера .....	103
3.7. Граничные условия .....	109
3.7.1. Потенциальная яма конечной глубины .....	109
3.7.2. Потенциальный барьер (туннельный эффект) .....	116
3.8. Гармонический осциллятор .....	120
3.9. Оптика и квантовые свойства света .....	123
3.9.1. Законы геометрической оптики .....	126
3.9.2. Регистрация фотонов (эффект Ханбэри–Брауна–Твисса) .....	133
3.9.3. Дифракция света .....	134
3.10. Квантовый компьютер .....	137

Основные выводы .....	151
Упражнения .....	152
Задачи .....	153
<b>4. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА АТОМА .....</b>	<b>155</b>
4.1. Приближённая теория атома водорода .....	155
4.2. Уравнение Шрёдингера в трёх измерениях .....	157
4.3. Строгая теория атома водорода .....	160
4.4. Орбитальный момент импульса .....	163
4.4.1. Проекция момента количества движения .....	163
4.4.2. Квадрат момента количества движения .....	165
4.4.3. Нормировка волновых функций .....	169
4.4.4. Среднее значение .....	170
4.5. Испускание фотонов .....	171
4.5.1. Спонтанное излучение .....	171
4.5.2. Спектр атома водорода .....	172
4.5.3. Поглощение .....	174
4.6. Вынужденное излучение .....	174
4.7. Лазер .....	180
4.8. Модель атома Бора .....	186
4.9. Стабильность орбит .....	191
Основные выводы .....	192
Упражнения .....	193
Задачи .....	195
<b>5. АТОМНАЯ ФИЗИКА .....</b>	<b>197</b>
5.1. Принцип запрета Паули .....	197
5.2. Многоэлектронные атомы .....	198
5.3. Периодическая система элементов .....	203
5.4. Рентгеновское излучение .....	208
5.5. Связь в молекулах .....	209
5.6. Гибридизация .....	212
Основные выводы .....	215
Упражнения .....	216
Задачи .....	216
<b>6. КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СРЕДЫ .....</b>	<b>218</b>
6.1. Введение .....	218
6.2. Типы связи .....	219
6.3. Теория свободных электронов в металлах .....	222
6.4. Зонная теория твёрдых тел .....	226
6.5. Физика полупроводников .....	231
6.6. Сверхтекучесть .....	244
6.7. Квантовые полупроводниковые структуры в электронике .....	246
6.8. Лазеры на квантовых ямах .....	253
6.9. Электронная эмиссия .....	256
6.9.1. Автоэлектронная эмиссия .....	257
6.10. Лазерная запись информации .....	261

6.10.1. Цифровая запись информации . . . . .	262
6.10.2. Принцип записи и хранения информации на CD . . . . .	262
6.10.3. Формирование записывающего лазерного излучения . . . . .	265
6.10.4. Среды для записи . . . . .	265
6.10.5. Плотность записи . . . . .	267
6.10.6. Устройство считывающей головки CD-привода . . . . .	269
6.10.7. Однослойные DVD . . . . .	271
6.10.8. FMD-диски . . . . .	272
6.10.9. Способы лазерной записи . . . . .	273
6.11. Современные оптические системы отображения информации . . . . .	276
6.11.1. Принцип действия мультимедийных проекторов . . . . .	276
6.11.2. Принципы работы цифровых печатающих устройств . . . . .	285
6.12. Наноматериалы и нанотехнологии . . . . .	288
Основные выводы . . . . .	316
Упражнения . . . . .	317
Задачи . . . . .	318