

А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева

КУРС ФИЗИКИ

2

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА



Библиотека бакалавра

100-летию ДонНТУ
посвящается

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева

КУРС ФИЗИКИ

В двух томах

Учебное пособие
для обучающихся образовательных учреждений
высшего профессионального образования

Том 2

- КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ
- ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА
- ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ
- ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЁРДОГО ТЕЛА
- ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА

Донецк
2019

Передано
в дар

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я7

В 67

Рекомендовано Учёным советом
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»
в качестве учебного пособия для обучающихся образовательных учреждений
высшего профессионального образования
(Протокол № 7 от 25.10.2019 года)

Рецензенты:

Мирошников Вадим Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Приборы» Луганского национального университета им. Владимира Даля

Петренко Александр Григорьевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий Донецкого национального университета, академик Академии технологических наук

Авторы:

Волков Александр Фёдорович – кандидат технических наук, профессор кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ»

Лумпиева Таисия Петровна – доцент кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ»

Волков, А. Ф.

В 67 Курс физики : учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования : в 2 т. Т. 2: Колебания и волны. Волновая и квантовая оптика. Элементы квантовой механики. Основы физики твёрдого тела. Элементы физики атомного ядра / А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева ; ГОУВПО «ДонНТУ». – Изд. 2-е, испр. и доп. – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 279 с.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Физика» для обучающихся образовательных учреждений высшего профессионального образования. Содержание второго тома составляют разделы: колебания и волны, волновая и квантовая оптика, элементы квантовой механики, основы физики твёрдого тела, элементы физики атомного ядра. Изложение материала ведётся без громоздких математических выкладок, основной акцент делается на физическую суть явлений и описывающих их законов.

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я7

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения	8
ПРЕДИСЛОВИЕ	13
ЧАСТЬ 1. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	14
Глава 1. Колебания	14
§1 Общие сведения о колебаниях	14
1.1 Классификация колебаний	14
1.2 Характеристики колебаний	15
§2 Гармонические колебания	16
2.1 Скорость и ускорение при гармонических колебаниях	16
2.2 Дифференциальное уравнение гармонических колебаний	17
§3 Примеры систем, совершающих гармонические колебания	18
3.1 Пружинный маятник	18
3.2 Физический маятник	19
3.3 Математический маятник	20
3.4 Колебательный контур	21
§4 Энергия колебаний	24
§5 Сложение гармонических колебаний	25
5.1 Графическое изображение гармонических колебаний. Векторная диаграмма	25
5.2 Сложение одинаково направленных гармонических колебаний ..	26
5.3 Сложение взаимно перпендикулярных колебаний	28
§6 Затухающие колебания	31
6.1 Затухающие механические колебания	31
6.2 Затухающие электромагнитные колебания	33
6.3 Основные характеристики затухающих колебаний	34
6.4 Аперриодический процесс	36
§7 Вынужденные колебания	37
7.1 Вынужденные механические колебания	37
7.2 Вынужденные электромагнитные колебания	40
<i>Обратите внимание!</i>	46
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Колебания»</i>	47
<i>Ответы на вопросы рубрики «Давайте подумаем»</i>	54
<i>Коды ответов к тестам</i>	55
Глава 2. Упругие волны	56
§8 Общие сведения о волнах	56
8.1 Классификация волн	56
8.2 Характеристики волн	57
§9 Плоская монохроматическая волна	59
9.1 Уравнение плоской монохроматической волны	59

9.2 Волновое уравнение	61
9.3 Перенос энергии волной. Вектор Умова	62
§10 Звуковые волны	64
10.1 Характеристики звука	64
10.2 Ультразвук	66
10.3 Инфразвук	68
§11 Интерференция волн. Стоячие волны	69
11.1 Принцип суперпозиции волн. Интерференция волн	69
11.2 Стоячие волны	69
11.3 Сложные волны. Групповая скорость	72
§12 Эффект Доплера в акустике	75
Глава 3. Электромагнитные волны	77
§13 Уравнения Максвелла	77
§14 Электромагнитные волны	82
14.1 Плоская электромагнитная волна	82
14.2 Экспериментальное исследование электромагнитных волн	83
14.3 Основные свойства электромагнитных волн	84
14.4 Шкала электромагнитных волн	86
§15 Способы получения электромагнитных волн	88
15.1 Радиоволны	88
15.2 Электромагнитные волны оптического диапазона	89
15.3 Рентгеновское излучение	89
15.4 Гамма излучение	89
<i>Обратите внимание!</i>	92
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Волны»</i>	93
<i>Ответы на вопросы рубрики «Давайте подумаем»</i>	99
<i>Коды ответов к тестам</i>	100
ЧАСТЬ 2. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА	101
§16 Предварительные сведения	101
16.1 Некоторые сведения из геометрической оптики	101
16.2 Фотометрические величины	103
Глава 4. Волновая оптика	107
§17 Интерференция света	107
17.1 Интерференция. Когерентность	107
17.2 Условия максимумов и минимумов интерференции	108
17.3 Опыт Юнга	111
§18 Интерференция в тонких пленках	112
§19 Применение интерференции	116
§20 Дифракция света	118
20.1 Дифракционная решетка	119
20.2 Дифракция рентгеновских лучей	121
§21 Взаимодействие световых волн с веществом	123

21.1	Рассеяние световых волн	123
21.2	Поглощение световых волн	124
21.3	Преломление световых волн	124
21.4	Дисперсия световых волн	125
21.5	Давление световых волн	126
§22	Поляризация света	127
22.1	Общие сведения о поляризации	127
22.2	Закон Малюса	128
§23	Способы получения поляризованного света	129
23.1	Отражение от границы раздела двух диэлектриков. Закон Брюстера	129
23.2	Преломление света в тонкой пластинке	130
23.3	Двойное лучепреломление	131
23.4	Поглощение света в дихроических кристаллах	132
§24	Искусственное двойное лучепреломление. Эффект Керра	133
§25	Вращение плоскости поляризации	135
	<i>Обратите внимание!</i>	137
	<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Волновая оптика»</i>	138
	<i>Ответы на вопросы рубрики «Давайте подумаем».</i>	145
	<i>Коды ответов к тестам.</i>	148
Глава 5. Квантовая оптика		149
§26	Тепловое излучение. Закон Кирхгофа	149
26.1	Характеристики теплового излучения	149
26.2	Классификация тел	151
26.3	Закон Кирхгофа	152
§27	Законы Стефана – Больцмана и Вина	154
§28	Гипотеза Планка. Формула Планка	155
§29	Оптическая пирометрия	156
§30	Внешний фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта	158
§31	Фотон. Свойства фотона	161
§32	Эффект Комптона	163
	<i>Обратите внимание!</i>	165
	<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Квантовая оптика»</i>	166
	<i>Ответы на вопросы рубрики «Давайте подумаем».</i>	173
	<i>Коды ответов к тестам.</i>	173
ЧАСТЬ 3. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ		174
Глава 6. Элементы квантовой механики		174
§33	Гипотеза де Бройля	174
§34	Вероятностный смысл волн де Бройля. Волновая функция	177
§35	Соотношения неопределенности Гейзенберга	178
§36	Волновое уравнение Шрёдингера	181
§37	Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме	183

Глава 7. Физика атомов и молекул	185
§38 Атом водорода и водородоподобные ионы	185
38.1 Квантовые числа	186
38.2 Квантование энергии	186
38.3 Квантование орбитального момента импульса и магнитного момента	189
38.4 Пространственное квантование	190
38.5 Спин электрона	192
§39 Принцип Паули. Современные атомные системы	193
39.1 Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева	193
39.2 Современные атомные системы	195
§40 Лазеры	199
40.1 Вынужденное излучение	199
40.2 Принцип работы лазера	201
40.3 Способы накачки лазеров	202
40.4 Применение лазеров	203
<i>Обратите внимание!</i>	205
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Элементы квантовой механики»</i>	206
<i>Ответы на вопросы рубрики «Давайте подумаем».</i>	210
<i>Коды ответов к тестам.</i>	211
ЧАСТЬ 4. ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЁРДОГО ТЕЛА	212
Глава 8. Электропроводность металлов и полупроводников	212
§41 Строение твёрдых тел	212
41.1 Дефекты в кристаллах	213
41.2 Энергетические зоны в кристаллах	214
§42 Электрические свойства твёрдых тел	217
42.1 Общие сведения	217
42.1 Электропроводность металлов	218
42.2 Электропроводность полупроводников	220
42.2.1 Собственная проводимость полупроводников	220
42.2.2 Примесная проводимость полупроводников	222
Глава 9. Контактные и термоэлектрические явления	227
§43 Электронно-дырочный переход. Полупроводниковый диод	227
§44 Внутренний фотоэффект	230
§45 Термоэлектрические явления	232
45.1 Явление Зеебека	232
45.2 Явление Пельтье	234
45.3 Явление Томсона	235
<i>Обратите внимание!</i>	236
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Основы физики твёрдого тела»</i>	237

<i>Ответы на вопросы рубрики «Давайте подумаем»</i>	239
<i>Коды ответов</i>	241
ЧАСТЬ 5. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА	242
Глава 10. Атомное ядро	242
§46 Состав и размеры ядер. Энергия связи ядер	242
46.1 Состав ядра	242
46.2 Характеристики атомного ядра	243
46.3 Размеры ядер	244
46.4 Свойства ядерных сил	244
46.5 Дефект массы ядра. Энергия связи	245
§47 Ядерные превращения	247
47.1 Ядерные реакции	247
47.2 Радиоактивность	248
47.2.1 Общие сведения	248
47.2.2 Закон радиоактивного распада	249
47.3 Использование явления радиоактивности для измерения времени	251
47.4 Гамма-излучение	252
§48 Элементарные частицы	253
Глава 11. Элементы дозиметрии	256
§49 Элементы дозиметрии ионизирующих излучений	256
49.1 Характеристики ионизирующих излучений	257
49.2 Основные нормативные данные по радиационному фактору	259
§50 Основные этапы развития физической картины мира.	261
<i>Обратите внимание!</i>	264
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме</i> <i>«Элементы физики атомного ядра»</i>	264
<i>Ответы на вопросы рубрики «Давайте подумаем»</i>	267
<i>Коды ответов</i>	270
Терминологический словарь	271
Предметный указатель	275
Использованная литература	279