

И.И. Ташлыкова-Бушкевич

Физика

*Утверждено
Министерством образования
Республики Беларусь
в качестве учебника
для студентов учреждений
высшего образования
по техническим специальностям*

В двух частях

Часть 2

Оптика. Квантовая физика.
Строение и физические
свойства вещества



Минск
«Вышэйшая школа»
2014

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я73

T25

Рецензенты: кафедра технической физики учреждения образования «Белорусский национальный технический университет» (доцент кафедры кандидат физико-математических наук *В.А. Мартинович*); доцент кафедры физики учреждения образования «Белорусский национальный технический университет» кандидат физико-математических наук *Н.П. Юркевич*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Ташлыкова-Бушкевич, И. И.

T25 Физика : учебник. В 2 ч. Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – 232 с. : ил.

ISBN 978-985-06-2325-6.

В части 2 рассмотрены оптика, квантовая физика, строение и физические свойства вещества.

Содержание учебника соответствует современному уровню развития физики. Материал изложен в максимально доступной и наглядной форме.

В зависимости от тактических задач обучения учебник может быть использован для самостоятельной работы студентов, на аудиторных занятиях под руководством преподавателя, а также для заочной и дистанционной форм обучения.

Для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям.

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я73

ISBN 978-985-06-2325-6 (ч. 2)

ISBN 978-985-06-2323-2

© Ташлыкова-Бушкевич И. И., 2014

© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2014

Посвящается 50-летию Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время система высшего образования является динамично развивающейся сферой общества. В учебном процессе актуально объединение классических и современных методов обучения, использование как экспериментальной, так и демонстрационной базы. Лекционные занятия приобретают новый статус, являясь вспомогательным средством в контролируемой самостоятельной работе студентов.

В данном учебнике материал излагается в соответствии с программой курса физики для специальностей инженерно-технического профиля учреждений высшего образования. В части 2 рассмотрены оптика, квантовая физика, строение и физические свойства вещества в объеме, необходимом для ориентации в потоке научной и технической информации и использования знаний по физике в современной технике, в основе работы которой применяются как новые, так и классические физические идеи и принципы.

Отличительной особенностью настоящего учебника является подача теоретических знаний в сочетании с многочисленными примерами, что позволит студентам быстро овладеть основами курса общей физики на современном уровне. В качестве примеров в том числе использованы подлинные экспериментальные данные физических исследований последних десятилетий, включая результаты, полученные автором в области физики конденсированного состояния, физики водородного материаловедения и физики взаимодействия заряженных частиц с поверхностью кристаллов при изучении быстрозатвердевших фольг сплавов алюминия. Исследования выполнены автором в рамках проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ), Японского общества содействия развитию науки (JSPS), Международного фонда Матсумае (MIF, Япония) и Международного центра теоретической физики им. Нобелевского лауреата Абдус Салама (ICTP, Италия).

Учебник адресован студентам, изучающим курс общей физики в течение одного, двух или трех семестров, и базируется на материале лекций, читаемых автором студентам Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Автор выражает признательность рецензентам книги.

Автор

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	4
Обозначения и названия основных единиц физических величин	5
Десятичные приставки к названиям единиц	6
ВВЕДЕНИЕ	7
РАЗДЕЛ 4. ОПТИКА	8
Тема 21. Геометрическая оптика	8
21.1. Предварительные сведения. Световая волна. Показатель преломления среды	8
21.2. Законы геометрической оптики. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Таутохронизм	10
Тема 22. Интерференция света	13
22.1. Когерентность и интерференция световых волн	13
22.2. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников	17
22.3. Интерференция света в тонких пленках	18
22.4. Интерференция многих волн	22
Тема 23. Дифракция света	24
23.1. Принцип Гюйгенса – Френеля. Метод зон Френеля	24
23.2. Дифракция Френеля на круглом отверстии и диске	26
23.3. Дифракция Фраунгофера на щели	27
23.4. Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке	30
23.5. Дифракция на пространственной решетке. Понятие о голографии	32
Тема 24. Поляризация света	35
24.1. Области нормальной и аномальной дисперсии света. Электронная теория дисперсии	35
24.2. Эффект Доплера	38
24.3. Поляризованный свет. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса	40
24.4. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Формулы Френеля	43
24.5. Двойное лучепреломление. Дихроизм	45
<i>Литература</i>	46
РАЗДЕЛ 5. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	47
Тема 25. Квантовая природа электромагнитного излучения	47
25.1. Тепловое излучение	47

25.2. Законы теплового излучения	50
25.3. Квантовая гипотеза Планка	53
25.4. Фотоэффект. Формула Эйнштейна	56
25.5. Коротковолновая граница тормозного рентгеновского спектра	60
25.6. Фотоны. Импульс фотона. Давление света	63
25.7. Эффект Комптона	65
Тема 26. Волновые свойства микрочастиц	69
26.1. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона – Джермера	69
26.2. Прохождение электронов через две щели. Неприменимость понятия траектории к микрочастицам	72
26.3. Дифракция электронов и методы структурного анализа материалов	74
26.4. Соотношения неопределенностей Гейзенберга	76
26.5. Прохождение частицы через щель. Оценка энергии нулевых колебаний гармонического осциллятора	79
26.6. Задание состояния частицы в квантовой физике: пси-функция, ее физический смысл как амплитуды вероятности. Нормировка. Стандартные условия. Суперпозиция состояний в квантовой физике	81
26.7. Уравнения Шрёдингера (временное и стационарное). Стационарные состояния. Квантование энергии	83
26.8. Задача на применение уравнения Шрёдингера	85
26.9. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной «яме»	87
26.10. Гармонический осциллятор (результаты решения)	91
26.11. Прохождение частицы через одномерный потенциальный барьер	94
26.12. Туннельный эффект	97
26.13. Явление туннельного эффекта и методы сканирующей зондовой микроскопии	101
Тема 27. Операторы физических величин в квантовой физике	103
27.1. Описание физических величин в квантовой механике. Операторы	103
27.2. Основные постулаты квантовой теории. Собственные функции и собственные значения	105
27.3. Собственные значения и собственные функции проекции момента импульса	108
27.4. Опыт Барнетта. Опыт Эйнштейна и де Хааза. Опыт Штерна и Герлаха. Спин. Квантовые числа орбитального и спинового моментов	111
27.5. Сложение моментов. Результирующий механический момент многоэлектронной системы	115
27.6. Типы связи в многоэлектронных атомах	117
<i>Литература</i>	119
РАЗДЕЛ 6. СТРОЕНИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА	120
Тема 28. Физика атома	120
28.1. Представление о модели атома Резерфорда	120
28.2. Постулаты Бора. Боровская модель атома	123
28.3. Квантово-механическая модель атома водорода (результаты решения уравнения Шрёдингера). Квантовые числа атома водорода	127
28.4. Вырождение уровней. Кратность вырождения. Символы состояний	130

28.5. Правила отбора. Схема уровней. Спектральные серии атома водорода	132
28.6. Магнитный момент атома. Атом в магнитном поле	134
28.7. Понятие об эффекте Зеемана	138
28.8. Распределение электронов по энергетическим уровням в атоме.	
Принцип Паули. Оболочка и подоболочка	139
28.9. Периодическая система элементов	142
28.10. Характеристическое рентгеновское излучение. Рентгеновские спектры.	
Закон Мозли	144
Тема 29. Двухатомная молекула	146
29.1. Схема энергетических уровней двухатомной молекулы: электронные термы, их колебательная и вращательная структуры	146
29.2. Комбинационное рассеяние света	149
Тема 30. Физика твердого тела	151
30.1. Кристаллические тела. Типы кристаллов	151
30.2. Теплоемкость кристаллов. Закон Дюлонга и Пти. Зависимость теплоемкости от температуры Дебая	154
30.3. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Равновесное излучение. Принцип детального равновесия и формула Планка. Активная среда	157
30.4. Лазер (на примере трехуровневой системы). Резонатор	159
30.5. Распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна	161
30.6. Квантовая теория свободных электронов в металле. Плотность энергетических состояний	164
30.7. Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники, диэлектрики	168
30.8. Электропроводность металлов и полупроводников. Эффект Холла	170
30.9. Контактная разность потенциалов на переходе металл – металл	174
30.10. Термоэлектрические явления	176
30.11. Полупроводниковые диоды и транзисторы	179
30.12. Сверхпроводимость. Магнитные свойства сверхпроводника (эффект Мейсснера). Эффекты Джозефсона	182
30.13. Понятие о высокотемпературной сверхпроводимости	184
Тема 31. Физика ядра	185
31.1. Состав и масса ядра. Нуклоны. Взаимодействие нуклонов	185
31.2. Энергия связи ядра	188
31.3. Ядерные силы	190
31.4. Радиоактивность	192
31.5. Закон радиоактивного распада	194
31.6. Ядерные реакции	196
31.7. Энергетическая схема ядерной реакции	200
31.8. Реакции деления ядер. Пути использования ядерной энергии	201
31.9. Термоядерные реакции синтеза	205
Тема 32. Элементарные частицы	208
32.1. Виды фундаментальных взаимодействий	208
32.2. Классы элементарных частиц	210
32.3. Частицы и античастицы	213

32.4. Кварки	214
<i>Литература</i>	216
ПРИЛОЖЕНИЯ	218
1. Греческий алфавит	218
2. Параметры некоторых химических элементов	218
3. Некоторые физические константы (с точностью до 0,001)	219
4. Некоторые внесистемные единицы (с точностью до 0,01)	220
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	221

Учебное издание

Ташлыкова-Бушкевич Ия Игоревна

ФИЗИКА

В двух частях

Часть 2

**Оптика. Квантовая физика.
Строение и физические свойства вещества**

Учебник

Редактор *Е.В. Савицкая*

Художественный редактор *Т.В. Шабунько*

Технический редактор *Н.А. Лебедевич*

Корректор *Е.З. Липень*

Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 19.02.2014. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.

Гарнитура «NewtonС». Офсетная печать. Усл. печ. л. 13,49.

Уч.-изд. л. 13,2. Тираж 400 экз. Заказ 363.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.

Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

e-mail: market@vshph.com http://vshph.com

Открытое акционерное общество «Типография “Победа”».

ЛП № 02330/429 от 28.01.2013. Ул. Тавляя, 11, 222310, Молодечно.