

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Д. О. Батраков
В. М. Шульга
С. Н. Шульга

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Харьков – 2014

УДК 530.145.1

ББК 22.314

Б 14

Рецензенты:

А. Г. Нерух – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой высшей математики Харьковского национального университета радиоэлектроники;

А. М. Ермолаев – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой теоретической физики имени академика И. М. Лившица Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина.

*Утверждено к печати решением Ученого совета
Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина
(протокол № 3 от 25.02.2013 г.)*

Батраков Д. О.

Б 14 Квантова механіка : навчальний посібник / Батраков Д. О., Шульга В. М., Шульга С. М. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 220 с.
ISBN 978-966-285-033-8

У навчальному посібнику розглянута класична квантова теорія, він являє собою конспект лекцій для студентів напрямку «Прикладна фізика». Викладення матеріалу проводиться на основі навчальних курсів «Теоретична механіка» та «Теорія поля». Посібник містить необхідну допоміжну інформацію, питання і завдання для самоконтролю.

Навчальний посібник призначено для студентів і викладачів фізичних і радіофізичних спеціальностей.

Батраков Д. О.

Б 14 Квантовая механика : учебное пособие / Батраков Д. О., Шульга В. М., Шульга С. Н. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2014. – 220 с.
ISBN 978-966-285-033-8

В учебном пособии рассмотрена классическая квантовая теория, она представляет собой конспект лекций для студентов направления «Прикладная физика». Изложение материала проводится на основе учебных курсов «Теоретическая механика» и «Теория поля». Пособие содержит необходимую вспомогательную информацию, вопросы и задачи для самоконтроля.

Учебное пособие предназначено для студентов и преподавателей физических и радиофизических специальностей.

УДК 530.145.1

ББК 22.314

ISBN 978-966-285-033-8

© Харьковский национальный университет
имени В. Н. Каразина, 2014

© Батраков Д. О., Шульга В. М.,
Шульга С. Н., 2014

© Антюфеева М. С., макет обложки, 2014

Навчальне видання

Батраков Дмитро Олегович

Шульга Валерій Михайлович

Шульга Сергій Миколайович

КВАНТОВА МЕХАНІКА

Коректор *Л. Є. Стешенко*

Комп'ютерне верстання *Д. О. Батраков*

Макет обкладинки *М. С. Антюфеева*

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 10.34. Тираж 100 пр. Зам. № 37/13.

Видавець і виготовлювач

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009

Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна

Тел. 705-24-32

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	6
Глава 1. Экспериментальные предпосылки квантовой механики.....	8
§ 1.1. Проблема теплового излучения и квантовые свойства электромагнитного излучения.....	8
§ 1.2. Фотоэффект.....	15
§ 1.3. Тормозное рентгеновское излучение.....	19
§ 1.4. Экспериментальное обнаружение корпускулярных свойств электромагнитных.....	21
§ 1.5. Корпускулярно волновой дуализм фотонов и их свойства	22
Глава 2. Волновые свойства частиц и их описание в квантовой механике.....	25
§ 2.1. Гипотеза де-Бройля и ее экспериментальное подтверждение.....	25
§ 2.2. Волновая функция.....	29
§ 2.3. Принцип суперпозиции. Разложение по плоским волнам	35
§ 2.4. Соотношения неопределенностей.....	38
§ 2.5. Измерения в квантовой механике, пределы применимости классического описания и принцип дополнительности...	42
Глава 3. Изменение состояния во времени. Квантование.....	44
§ 3.1. Уравнение Шредингера и дополнительные условия.....	44
§ 3.2. Стационарные состояния.....	48
§ 3.3. Уравнение Шредингера для системы многих частиц.....	49
§ 3.4. Плотность потока вероятности и закон сохранения числа частиц.....	51
§ 3.5. Простейшие физические модели и особенности постановки соответствующих задач квантовой механики	55
§ 3.6. Частица в прямоугольной яме, квантование.....	59
§ 3.7. Потенциальные барьеры, туннельный эффект.....	65
§ 3.8. Квантовый гармонический осциллятор, колебания молекул.....	71
Глава 4. Основы квантовой теории.....	75
§ 4.1. Средние значения физических величин, операторы физических величин и некоторые их свойства	75
§ 4.2. Собственные функции и собственные значения операторов.....	79

§ 4.3. Фундаментальные постулаты квантовой теории. Критерий наличия распределения.....	83
§ 4.4. Собственные состояния.....	88
§ 4.5. Квантование момента импульса. Ротатор.....	91
§ 4.6. Скобки Пуассона и нахождение вида операторов физических величин.....	99
§ 4.7. Переход от квантовых уравнений к классическим. Уравнения Эренфеста.....	101
 Глава 5. Использование квантовой механики для построения теории атомов и спектров.....	106
§ 5.1. Модель атома Резерфорда–Бора, энергетические уровни и магнитный момент атома водорода.....	106
§ 5.2. Основы спектроскопии атомов.....	111
§ 5.3. Квантово-механическая теория водородоподобных атомов	114
§ 5.4. Систематизация состояний на основе значений углового момента. Распределение плотности вероятности. Правило отбора.....	121
§ 5.5. Снятие вырождения в магнитном поле, опыты Штерна и Герлаха, спин электрона.....	127
§ 5.6. Закономерности тонкой структуры. Взаимодействие моментов импульса электрона.....	130
§ 5.7. Свойства многоэлектронных атомов. Атом в магнитном поле. Спектральные обозначения и правила отбора.....	134
§ 5.8. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек.....	137
 Глава 6. Приближенные методы решения задач квантовой механики и их практическое использование.....	140
§ 6.1. Теория возмущений для стационарных состояний.....	140
§ 6.2. Методы Хартри–Фока и Томаса–Ферми.....	151
§ 6.3. Периодическая система элементов Менделеева с точки зрения квантовой механики. Правила Хунда.....	154
§ 6.4. Прямые и обратные задачи квантовой теории рассеяния	160
 Глава 7. Квантовая механика – основа квантовой радиофизики и Электроники.....	169
§ 7.1. Распределение частиц по уровням. Газ Ферми–Дирака и газ Бозе–Эйнштейна.....	169
§ 7.2. Полупроводники и их свойства.....	172
§ 7.3. Использование p-n переходов в диодах и транзисторах	175

§ 7.4. Взаимодействие электромагнитного излучения с квантовыми системами.....	181
§ 7.5. Квантовая электроника, усилители и генераторы излучения.....	190
Глава 8. Основы физики атомного ядра и элементарных частиц.....	200
§ 8.1. Состав и основные характеристики атомного ядра.....	200
§ 8.2. Свойства ядерных взаимодействий и энергия связи.....	202
§ 8.3. Модели ядер.....	204
§ 8.4. Ядерные реакции.....	208
§ 8.5. Элементарные частицы: основные свойства и типы взаимодействий.....	209
Вопросы и задания для самоконтроля.....	215
Список литературы.....	219