

LECTURE NOTES AND SUPPLEMENTS IN PHYSICS

***INTERMEDIATE
QUANTUM MECHANICS***

***HANS A. BETHE
Cornell University***

W. A. BENJAMIN, INC. NEW YORK — AMSTERDAM 1964

Г. БЕТЕ

***КВАНТОВАЯ
МЕХАНИКА***

Перевод с английского

Под редакцией

В. Л. БОНЧ-БРУЕВИЧА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «М И Р» • МОСКВА 1965

Настоящая книга написана одним из ведущих зарубежных физиков-теоретиков Гансом Бете. Она содержит подробное изложение приближенных расчетных методов, постоянно применяемых в квантовой теории атомов и молекул. Знакомство с этими методами совершенно необходимо физическому-теоретику и полезно экспериментатору при интерпретации опытных данных.

Книгу можно рекомендовать студентам старших курсов — физикам (в качестве дополнительного пособия по курсу квантовой механики), а также аспирантам и научным работникам — физикам и химикам.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие редактора перевода	5
Предисловие	7

Часть I. Теория строения атома

Глава 1. Уравнение Шредингера и приближенные методы его решения	11
Методы теории возмущений	12
Вариационные методы	14
Глава 2. Интегралы движения	17
Спин	19
Глава 3. Тожественность частиц и симметрия	23
Доводы в пользу простой симметрии	25
Симметрия сложных систем	30
Построение симметризованных волновых функций	30
Статистическая механика	32
Экспериментальное определение симметрии	32
Классический предел	35
Глава 4. Двухэлектронные атомы. Расчет по теории возмущений	36
Глава 5. Двухэлектронные атомы. Расчет вариационным методом	49
Атом гелия	49
Большие значения Z	55
Возбужденные состояния	55
Глава 6. Самосогласованное поле	58
Предварительные интуитивные соображения	58
Вариационный вывод	59
Матричные элементы между детерминантными волновыми функциями	60

Вывод уравнений Хартри—Фока	63
Рассмотрение обменного члена	67
Физический смысл собственных значений	70
Сферическая симметрия и уравнение Хартри—Фока	71
Приближенная трактовка обменного члена	75
Результаты вычислений	77
Большие значения n	80
Периодическая система	81
Глава 7. Статистическая модель Томаса—Ферми	86
Решения уравнения Томаса—Ферми	89
Применения	91
Поправка на обменное взаимодействие. Уравнение Тома- са—Ферми—Дирака	93
Глава 8. Теория мультиплетов. Сложение моментов	102
Момент количества движения	103
Сложение моментов	106
Кoeffициенты Клебша—Горлана	108
Частные случаи	112
Сложение моментов для эквивалентных электронов	115
Глава 9. Теория мультиплетов. Электростатическое взаимо- действие	121
Вычисление матричных элементов	121
Эквивалентность дырок и электронов	127
Интегралы по углам	128
Правило сумм Слэтера	130
Средняя энергия	134
Сравнение с экспериментальными результатами	138
Конфигурационное взаимодействие	140
Глава 10. Теория мультиплетов. Магнитные взаимодействия 142	142
Взаимодействие с постоянным внешним магнитным полем 142	142
Спин-орбитальное взаимодействие в атомах	144
Теорема о матричных элементах	146
Расчет спин-орбитального взаимодействия	150
Эффект Зеемана	154
Эффект Пашена—Бака	155
Квадратичный эффект Зеемана	157
Эффект Штарка	158

Глава 11. Молекулы	161
Молекула водорода	164
Двухатомные молекулы	166
Симметрия двухатомных молекул с одинаковыми ядрами	169
Глава 12. Полуклассическая теория излучения	171
Поглощение и индуцированное излучение	173
Расчет по теории возмущений	173
Мультипольные переходы	178
Спонтанное излучение	180
Вероятности переходов по Эйнштейну	182
Ширина линии	184
Глава 13. Интенсивность излучения	186
Правила сумм	186
Правила отбора и матричные элементы	191
Правила отбора для многоэлектронных систем	195
Моменты высших порядков	198
Абсолютные значения вероятностей переходов	202
Глава 14. Фотоэлектрический эффект	205
Борновское приближение	205
Дипольное приближение	208
Грубая оценка	209
Глава 15. Столкновения атомов с заряженными частицами	211
Упругое рассеяние	214
Неупругое рассеяние	216
Энергетические потери падающей частицы	219

Часть II. Релятивистские теории

Глава 16. Уравнение Клейна—Гордона	225
Физическая интерпретация уравнения Клейна—Гордона	226
Взаимодействие с внешним электромагнитным полем	228
Кулоновское поле	229
Глава 17. Уравнение Дирака. Формальная теория	233
Вывод уравнения Дирака	233
Матрицы Дирака. I	236
Ковариантная форма уравнения Дирака	238
Матрицы Дирака. II	240
Явный вид матриц Дирака	245

Релятивистская инвариантность уравнения Дирака	246
Явный вид матрицы преобразования	250
Глава 18. Решения уравнения Дирака	252
Решение для свободных частиц	252
Физическая интерпретация матриц Дирака	254
Спин	257
Уравнение Дирака во внешнем поле	259
Нерелятивистский предельный случай	261
Точное решение уравнения Дирака для кулоновского по- тенциала	265
Решения с отрицательной энергией	270
Теория возмущений	272
Часть III. Введение в теорию поля	
Глава 19. Квантование поля	277
Аналитическая механика полей; лагранжев формализм	278
Гамильтонов формализм	281
Квантование поля	285
Глава 20. Вторичное квантование нескольких полей частиц	287
Квантование нерелятивистского уравнения Шредингера	287
N -частичное или многочастичное представление для шре- дингеровского поля	291
Фермионы и соотношения антикоммутации	299
Квантование уравнения Дирака	301
Многочастичное представление для поля Дирака	304
Позитроны	306
Глава 21. Квантование электромагнитного поля. Квантовая электродинамика	308
Взаимодействие с частицей	311
Кулоновское взаимодействие	315
Квантование поперечного поля	320
Взаимодействие с заряженными частицами	323
Литература	327