

Псковский государственный педагогический
институт им. С.М. Кирова

Г. А. Розман

***ЛЕКЦИИ
ПО КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ***

Псков
2003

ББК 22.314
Р649

Печатается по решению кафедры физики и редакционно-издательского совета ПГПИ им. С.М. Кирова

Розман Г.А.

Р649 Лекции по квантовой механике. - Псков: ПГПИ, 2003. - 156 с.

Р649

Автор признателен Генеральному директору ООО «ПО N-P-N», депутату Областного Собрания депутатов Псковской области Игорю Николаевичу Савицкому за благотворительную помощь в издании данной книги.

ISBN 5-87854-214-5

© Розман Г.А., 2003

© Псковский государственный
педагогический институт
им. С.М. Кирова
(ПГПИ им. С.М.Кирова), 2003

Предисловие

Квантовая механика является третьей частью курса теоретической физики, изучаемой студентами физической специальности. Как известно, квантовая механика совместно со специальной теорией относительности и статистической физикой образуют фундамент современного естествознания. Именно поэтому будущий учитель физики обязан основательно изучить эту интересную и важную науку, имеющую не только учебное, но и мировоззренческое значение. В данном учебном пособии конспективно представлена основная часть программного материала, основное внимание уделено раскрытию его физического содержания. Математический аппарат квантовой механики изложен в ранее изданном пособии, поэтому он не включен в данное издание. Исключены также некоторые вопросы, которые по нашему мнению, перегружены математическими расчетами и изложение которых можно найти в любом учебнике по квантовой механике. Не включены в пособие и задачи, так как нами выпущен специальный “Задачник-практикум по квантовой механике”.

Проф. Г.А. Розман

Введение

Квантовая механика—это раздел теоретической физики, в котором рассматриваются свойства и строение атомов и молекул, свойства ансамблей (систем) элементарных частиц. Квантовая механика является основой современной физики твердого тела (зонной теории), на ее положениях построена квантовая химия и квантовая электродинамика и другие разделы теоретической и экспериментальной физики.

Необходимо различать понятия “квантовая физика” и “квантовая механика”. Первое понятие - более общее и наряду с квантовой механикой включает в себя как упомянутые выше разделы, так и такие науки, как квантовая электроника, теория квантованных полей и т.д. В основе квантовой физики лежит фундаментальное положение о дискретности энергетических состояний элементарных частиц в атомах и ансамблях элементарных частиц. В основу же квантовой механики положена идея о корпускулярно-волновом дуализме в проявлении свойств частиц микромира, а дискретность изменения физических характеристик следует как следствие основного положения.

Квантовая механика сформировалась в период 1925-1927 г.г. в работах великих физиков XX в. Э.Шредингера, В.Гейзенберга, Н.Бора, М.Борна, П.Дирака и др. Как и любая физическая теория, квантовая механика опирается на экспериментальные факты. Она не только объясняет те физические явления, которые вызвали непреодолимые затруднения в классической физике, но и предсказала ряд новых явлений, впоследствии обнаруженных экспериментально. Будучи более общей физической теорией, квантовая механика подчиняется принципу соответствия, включая в себя, как предельный случай, классическую механику.

Содержание

Предисловие	3
Введение	5
Глава 1 Экспериментальные основания квантовой механики	6
1. Экспериментальные основания квантовой механики	6
1.1. Разрешение “ультрафиолетовой катастрофы”	6
1.2. Модели строения атома и квантовая теория Н.Бора	7
1.3. Волновые и корпускулярные свойства света	8
1.4. Корпускулярные и волновые свойства элементарных частиц	9
2. Гипотеза де-Бройля	11
3. Волновой пакет	14
4. Экспериментальное подтверждение гипотезы де-Бройля 16	
5. Гипотеза Макса Борна	17
6. Соотношения неопределенностей Гейзенберга	20
Глава 2. Постулаты квантовой механики	28
7. Постулаты квантовой механики	28
8. Линейность эрмитовых операторов	30
9. Операторы основных физических величин	30
10. Решение полного уравнения Шредингера	36
11. Закон причинности в квантовой механике	38
12. Дифференцирование операторов по времени	39
13. Интегралы движения	41
14. Уравнения Эрнфеста	42
15. Связь законов сохранения с симметрией пространства и времени	45
Глава 3. Частные случаи решения уравнения Шредингера	58
16. Частные случаи решения уравнения Шредингера	58
16.1. Движение свободной частицы	58
16.2. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме	60

17. Квантовый гармонический осциллятор	63
18. Туннельный эффект	68
Глава 4. Движение частицы в поле центральной симметрии	75
19. Движение частицы в поле центральной симметрии	75
20. Интегралы движения в поле центральной симметрии	78
21. Атом водорода и водородоподобные атомы	85
22. Радиальная и угловая плотности электронного облака в поле центральной симметрии	87
23. Уровни энергии в атоме водорода	89
24. Водородоподобные атомы	90
25. Магнитный момент орбитального движения электрона в атоме	92
Глава 5. Квазиклассическое приближение	96
26. Квазиклассическое приближение (метод ВКБ - Вентцеля-Крамерса-Бриллюэна)	96
27. Понятие о различных представлениях состояния квантово-механической системы	98
28. Уравнение Шредингера в матричной форме	100
29. Теория возмущений	101
30. Стационарная теория возмущений в случае вырожденных собственных значений	105
31. Элементы теории излучения (теория вынужденных квантовых переходов)	106
32. Вероятности переходов под влиянием возмущения, зависящего от времени	108
33. Правила отбора для дипольного излучения Интенсивность спектральных линий	113
34. Коэффициенты Эйнштейна для индуцированных и спонтанных переходов	114
35. Понятие о квантовой теории дисперсии	116
Глава 6. Спин электрона	120
36. Спин электрона	120
36.1. Опыты Штерна и Герлаха	120

36.2. Дублетная структура спектров паров щелочных металлов	121
36.3. Опыты Эйнштейна и де-Гааза	122
37. Оператор спина и его волновые функции	124
38. Полный момент импульса	127
39. Волновая функция электрона в атоме с учетом спина ...	127
40. Векторная модель атома	128
41. Эффекты Зеемана	129
Глава 7. Квантовая механика системы тождественных частиц	132
42. Принцип тождественности микрочастиц	132
43. Симметричные и антисимметричные состояния	133
44. Фермионные и бозонные системы. Принцип Паули	135
45. Построение волновой функции двух фермионов	136
46. Элементарная теория атома гелия	138
47. Квантово-механическое рассмотрение заполнения таблицы химических элементов Д.И. Менделеева	143
48. Элементарная теория молекулы водорода Природа химической связи	146
49. Квантово-полевая картина мира (вместо заключения)	149
Литература для дополнительного чтения	154
Вопросы для качественной проверки 1-ой части курса	155

P649

*Герман Аронович
Розман*

ЛЕКЦИИ ПО КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

Учебное пособие

Технический редактор А.А. Кирсанов

Издательская лицензия ИД № 06024 от 09.10.2001 года.

Подписано в печать 21.06.2002 г. Формат 60x90/16.

Объем издания: 10 у.п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 135

Псковский государственный педагогический
институт им.С.М.Кирова, 180760, г.Псков, пл.Ленина, 2.
Редакционно-издательский отдел ПГПИ им.С.М.Кирова,
180760, г.Псков, ул.Советская, 21, телефон 2-86-18.