

ЛЕКЦИИ ПО АТОМНОЙ ФИЗИКЕ

А.М.Попов, О.В.Тихонова

Москва, 2007

Данное пособие написано на основе лекций, читавшихся одним из авторов на протяжении двадцати лет студентам третьего курса физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, и соответствует современной программе курса «Атомная физика». В пособии рассмотрена история развития квантовых представлений в первой четверти XX века, изложены основы математического формализма квантовой теории (координатное представление Шредингера). На основе этого формализма исследуется строение одно- и многоэлектронных атомов, простейших молекулярных систем, а также проблема взаимодействия квантовых систем с внешним электромагнитным полем. Материал разбит на шестнадцать лекций, в конце каждой из них предлагаются задачи для самостоятельного решения.

Оглавление.

Лекция 1. Введение. Классическая картина мира и необходимость введения квантовых представлений. Проблема равновесного электромагнитного излучения. Фотоэффект.	5
Лекция 2. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение. Квантовый предел. Фотон. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновой пакет. Соотношения неопределенностей.	17
Лекция 3. Модели атомов. От Дж. Томсона до Н. Бора. Атом Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Атом Бора. Модель Бора и гипотеза де Бройля. Релятивистское обобщение модели Бора. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Изотопический сдвиг атомных уровней. Мюонный атом водорода.	32
Лекция 4. Основы формализма квантовой механики. Нестационарное уравнение Шредингера. Релятивистское волновое уравнение. Волновая функция и ее физический смысл. Уравнение непрерывности. Вектор плотности тока вероятности. Определение средних значений и дисперсии импульса и координаты частицы. Операторы. Собственные значения и собственные функции оператора импульса. Собственные значения и собственные функции оператора z - проекции момента количества движения. Стационарное уравнение Шредингера. Коммутатор.	46
Лекция 5. Многочастичная квантовая система. Движение волновых пакетов. Предельный переход к классической механике. Оптико-механическая аналогия. Стационарное уравнение Шредингера. Спектры простейших одномерных систем. Свободное движение частицы. Частица в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины.	62
Лекция 6. Туннельный эффект. Автоэлектронная эмиссия. Явление α - распада атомных ядер. Туннельная ионизация атомов в оптическом поле. Туннельный микроскоп. Туннельный эффект: оптическая аналогия. Периодический потенциал. Гармонический осциллятор.	76
Лекция 7. Стационарные состояния в центрально – симметричном поле. Задача Кеплера.	90
Лекция 8. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Экспериментальное определение атомных магнитных моментов. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Спин. Сложение невзаимодействующих моментов количества движения. Систематика состояний атома водорода. Приближенное решение стационарного уравнения Шредингера. Теория возмущений.	104
Лекция 9. Изотопическое смещение атомных уровней, связанное с конечным размером ядра. Тонкая структура спектра атома водорода. Тонкая структура спектров многоэлектронных атомов. Понятие о сверхтонкой структуре атомных спектров.	116

Лекция 10. Тожественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Многоэлектронный атом. Приближение самосогласованного поля. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Атомы щелочных металлов.	126
Лекция 11. Атом гелия. Общие принципы описания многоэлектронных атомов. Заполнение атомных оболочек электронами. Термы многоэлектронных атомов. Тонкая структура терма. Состояния. Правило интервалов Ланде. Приближение LS - и jj -связей. Основные термы атомов. Правила Хунда.	139
Лекция 12. Взаимодействие квантовой системы с электромагнитным полем. Нестационарная теория возмущений. Правила отбора. Спектральные серии атома водорода. Спектральные серии атомов щелочных металлов. Электромагнитные переходы в многоэлектронных атомах.	155
Лекция 13. Квантовое электромагнитное поле и его взаимодействие с атомом. Электромагнитное поле как квантовый объект. Взаимодействие атомной системы с квантовым электромагнитным полем. Спонтанные переходы. Уширение спектральных линий. Лэмбовский сдвиг атомных уровней.	171
Лекция 14. Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Эффект Пашена и Бака. Электронный парамагнитный резонанс. Опыты Штерна и Герлаха. Принципы описания молекулярных систем. Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода.	187
Лекция 15. Основы физики молекул. Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода. Теория Гайтлера – Лондона. Насыщение химических связей. Валентность. Метод линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО). Ковалентная полярная и ионная связи. Элементы стереохимии.	200
Лекция 16. Основы систематики электронных состояний двухатомных молекул. Ядерная подсистема молекулы. Электромагнитные переходы в молекулах.	216
Приложения.	228
1. Эрмитовы операторы.	228
2. Прохождение потока частиц через прямоугольный потенциальный барьер.	229
3. Полиномы Эрмита.	230
4. Сферические функции.	231
5. Момент количества движения в многоэлектронном атоме.	232
6. Расчет энергии электростатического взаимодействия двух атомных электронов.	233
7. Электронные термы конфигураций np^2 и $npn'p$.	234
8. Силы Ван-дер-Ваальса.	237
Справочные данные.	239