

План лекций по курсу “Атомная физика” 2025 г.

Л1. Модели атома водорода. Предмет атомной физики. Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов. Сериальные закономерности в спектре атома водорода. Комбинационный принцип. Постулаты Бора. Принцип соответствия. Правило квантования Бора. Экспериментальные доказательства дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Водородоподобные атомы. Изотопический сдвиг атомных уровней, μ -атомы, позитроний. Релятивистское обобщение модели Бора. Постоянная тонкой структуры. Критический заряд $Z = 137$. Модель атома водорода Бора-Зоммерфельда. Недостатки теории Бора.

Л2-4. Основы квантовой механики. Постулаты квантовой механики. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Волновая функция, ее свойства. Уравнение Шредингера. Среднее значение и дисперсия физической величины. Проблема совместных измерений физических величин. Гамильтониан. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона на примерах одномерных задач: свободное движение частицы; прямоугольная потенциальная яма; гармонический осциллятор. Дискретный спектр и континуум. Стационарные и нестационарные состояния. Плотность вероятности и плотность потока вероятности. Зависимость средних от времени. Квазистационарное состояние. Ширина уровня и время распада. Стационарная теория возмущений для невырожденных состояний.

Л5. Пространственное квантование. Спин. Операторы L^2 , L_z , их собственные значения и функции. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Спин электрона. Собственный магнитный момент электрона. Спиновое гиромагнитное отношение. Правила сложения невзаимодействующих моментов количества движения.

Л6-7. Одноэлектронный атом. Уравнение Шредингера с центрально-симметричным потенциалом. Разделение переменных. Радиальное уравнение. Частица в сферической потенциальной яме. Уровни энергии. Квантовые числа. Атом водорода. Уровни энергии и волновые функции стационарных состояний. Их свойства. Вырождение уровней по орбитальному моменту. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Формула тонкой структуры (Дирака).

Л8. Тожественность микрочастиц. Тожественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип запрета Паули. Атом гелия. Симметрия волновой функции относительно перестановки электронов. Синглетные и триплетные состояния. Обменное взаимодействие. Основное состояние атома гелия.

Л9-10. Многоэлектронные атомы. Общие принципы описания многоэлектронного атома. Представление о распределении объемного заряда и электростатического потенциала в атоме. Одноэлектронное состояние. Заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Иерархия взаимодействий в многоэлектронном атоме. Приближение LS- и jj-связей. Терм. Тонкая структура термина. Правило интервалов Ланде. Спин и магнитный момент нуклонов и ядра. Сверхтонкая структура атомных спектров. Изотопические эффекты в атомах. Атомы щелочных металлов. Периодическая система элементов. Правило Хунда. Основные термы атомов.

Л11. Взаимодействие квантовой системы с излучением. Квантовая система в поле электромагнитной волны. Дипольное приближение. Нестационарная теория возмущений. Вероятность перехода. Матричный элемент оператора дипольного момента. Понятие о правилах отбора. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные серии (атомы водорода, гелия, щелочных металлов). Общие представления об электромагнитных переходах в многоэлектронном атоме. Правило Лапорта. Представления о квантовом электромагнитном поле. Электромагнитный вакуум. Фотоны. Спонтанные переходы. Естественная ширина спектральной линии. Лэмбовский сдвиг. Опыт Лэмба и Ризерфорда.

Л12. Рентгеновские спектры. Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.

Л13. Атом в поле внешних сил. Атом в магнитном поле. Слабое и сильное поле. Фактор Ланде. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака. Опыт Штерна и Герлаха. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).

Л14-16. Молекулы. Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода. Химическая связь. Ковалентная и ионная связи. Валентность. Насыщение химических связей. Молекулярная орбиталь. Общие представления о колебательном и вращательном движении ядер в молекулах. Спектры двухатомных молекул. Электронно-колебательно-вращательный переход. Правила отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах. Некоторые сведения о систематике состояний двухатомной молекулы.