

Программа курса:

1. Микромир.

Порядки физических величин в атомной физике. Масштабы. Константы. Невозможность описания явлений в микромире в рамках классической теории.

2. Атом водорода по Бору.

Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и проблема устойчивости атомов. Сериальные закономерности в спектре атома водорода. Комбинационный принцип. Квантование момента импульса. Постулаты Бора. Принцип соответствия. Экспериментальное доказательство дискретной структуры атомных уровней. Опыты Франка и Герца. Изотопический сдвиг атомных уровней, m -атомы, позитроний. Водородоподобные ионы. Релятивистское обобщение модели Бора. Постоянная тонкой структуры. Критический заряд $Z=137$.

3. Основы квантовой механики.

Квантовая система, ее состояние, измеряемые параметры. Волновая функция, ее свойства. Уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Плотность вероятности и плотность потока вероятности. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Среднее значение и дисперсия физической величины. Гамильтониан. Определение энергетического спектра системы как задача на собственные значения оператора Гамильтона. Дискретный спектр и континуум. Одномерные задачи: свободное движение частицы; прямоугольная потенциальная яма; гармонический осциллятор. Квазистационарное состояние. Ширина уровня и время распада. Основы квантовомеханической теории возмущений. Тождественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Системы ферми-и бозе-частиц.

4. Одноэлектронный атом.

Уравнение Шредингера с центрально-симметричным потенциалом. Разделение переменных. Операторы L^2 , L_z , их собственные значения и функции. Радиальное уравнение. Уровни энергии. Квантовые числа. Атом водорода. Уровни энергии и волновые функции стационарных состояний. Их свойства. Вырождение уровней по орбитальному моменту. Орбитальный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора. Экспериментальное определение магнитных моментов. Опыт Штерна и Герлаха. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Спин электрона. Собственный магнитный момент электрона. Спиновое гиромангнитное отношение. Понятие о правилах сложения невзаимодействующих моментов количества движения. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Формула тонкой структуры (Дирака).

5. 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. Атом гелия. Симметрия волновой функции относительно перестановки электронов. Синглетные и триплетные состояния. Обменное взаимодействие. Основное состояние атома гелия. Понятие об автоионизации. Периодическая система элементов. Правило Хунда. Основные термы атомов.

6. Взаимодействие квантовой системы с излучением.

Квантовая система в поле электромагнитной волны. Дипольное приближение. 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. Представление о квантовом электромагнитном поле. Электромагнитный вакуум. Фотоны. Спонтанные переходы. Естественная ширина спектральной линии. Лэмбовский сдвиг. Опыт Лэмба и Ризерфорда.

7. Рентгеновские спектры.

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

8. 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).

9. Молекула.

Адиабатическое приближение. Молекулярный ион водорода. Молекула водорода. Теория Гайтлера-Лондона. Спаривание электронов. Термы двухатомной молекулы. Химическая связь. Ковалентная и ионная связи. Валентность. Насыщение химических связей. Молекулярная орбиталь. Гибридизация орбиталей. Спектры двухатомных молекул. Электронно - колебательный -вращательный переход. Правила отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах. Принцип Франка - Кондона. Основы систематики состояний двухатомной молекулы.

Основная литература.

Попов А.М., Тихонова О.В. Лекции по атомной физике, М.: Физ.фак. МГУ, 2007.

Матвеев А.Н. Атомная физика, М.: Высшая школа, 1989 1988.

Вихман Э., Квантовая физика, М.: Наука, 1974.

Сивухин Д.В. Курс общей физики, т.5, ч.1, М.: Наука, 1988.

Дополнительная литература.

Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т.3,8,9 М.: Мир, 1967.

Л.П.Авакянц, С.В.Колесников, А.М.Салецкий. Введение в квантовую физику.

Методика решения задач. – М.: Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2019. – 400 с.