

П Р О Г Р А М М А курса “Атомная физика”

1. **Микромир.** Масштабы. Константы. Невозможность описания явлений в микромире в рамках классической теории.
2. **Волны и кванты.** Равновесное электромагнитное излучение в полости. Законы Релея - Джинса и Вина. Гипотеза Планка. Кванты излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина. Реликтовое излучение. Фотоэффект. Опыты Герца и Столетова. Закон Эйнштейна. Рассеяние электромагнитного излучения на свободных зарядах. Эффект Комптона. Рассеяние «мягких» квантов на пучках релятивистских электронов. Тормозное рентгеновское излучение. Квантовый предел. Дифракция волн. Принцип дополнительности.
3. **Частицы и волны.** Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Девиссона-Джермера и Томсона, их современные модификации. Волны де-Бройля. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорость волн де-Бройля. Детерминированность классической физики и вероятностный подход в квантовой механике. Проблема измерений в квантовых системах.
4. **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, μ -атомы, позитроний. Водородоподобные ионы. Релятивистское обобщение модели Бора. Постоянная тонкой структуры.
5. **Основы квантовой механики.** Квантовая система, ее состояние, измерения и 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. Теорема Эренфеста. 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. Динамика свободной частицы и частицы в потенциальной яме. Когерентное и сжатое состояния осциллятора. Туннельный эффект: α -распад атомных ядер, автоэлектронная эмиссия. Туннельный микроскоп, исследования наноструктур. Квазистационарное состояние. Ширина уровня и время распада. Электрон в периодическом потенциале. Теорема Блоха. Понятие об энергетических зонах. Предельный переход к классической механике и оптике. Основы квантовомеханической теории возмущений. Тожественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Системы ферми- и бозе-частиц. Сфера, радиус и энергия Ферми.
6. **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. Спин электрона. Собственный магнитный момент электрона. Спиновое гиромантическое отношение. Понятие о правилах сложения невзаимодействующих моментов количества движения. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Формула тонкой структуры (Дирака). Сверхтонкая структура спектра атома водорода.

7. **Многоэлектронные атомы.** Общие принципы описания многоэлектронного атома, понятия «чистых» и «смешанных» состояний. Представление о распределении объемного заряда и электростатического потенциала в атоме. Одноэлектронное состояние. Методы описания многоэлектронных систем: теория возмущений, приближение Хартри-Фока, вариационный метод. Роль межэлектронных корреляций. Приближение самосогласованного поля. Заполнение атомных состояний электронами. Атомные оболочки и подоболочки. Электронная конфигурация. Иерархия взаимодействий в многоэлектронном атоме. Приближение LS и jj-связей. Терм. Тонкая структура терма. 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. Термы конфигурации двух эквивалентных электронов.
8. **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. Переходы в двухуровневой квантовой системе. Осцилляции Раби и самоиндуцированная прозрачность. Спектральные серии (атомы водорода, гелия, щелочных металлов). Общие представления об электромагнитных переходах в многоэлектронном атоме. Правило Лапорта. Запрещенные переходы. Переходы между компонентами сверхтонкой структуры атома водорода. Представление о квантовом электромагнитном поле. Электромагнитный вакуум. Фотоны. Спонтанные переходы. Естественная ширина спектральной линии. Вероятность спонтанного перехода $2P-1S$ в атоме водорода. Лэмбовский сдвиг. Опыт Лэмба и Ризерфорда. Эффект Казимира.
9. **Рентгеновские спектры.** Переходы внутренних электронов в атомах. Характеристическое рентгеновское излучение. Закон Мозли. Эффект Оже.
10. **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). Эффект Штарка в атоме водорода. Квантование магнитного потока. Уровни Ландау.
11. **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. Элементы стереохимии. Общие представления о колебательном и вращательном движении ядер в молекулах. Спектры двухатомных молекул. Электронно - колебательный - вращательный переход. Правила отбора для электромагнитных переходов в двухатомных молекулах. Принцип Франка-Кондона. Некоторые сведения о систематике состояний двухатомной молекулы.