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. Фотоэффект. Опыты Герца и Столетова. Закон Эйнштейна. Рассеяние электромагнитного излучения на свободных зарядах. Эффект Комптона. Тормозное рентгеновское излучение. Квантовый предел. Дифракция волн. Опыт Тэйлора.

3. Частицы и волны.

Гипотеза де-Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Девиссона-Джермера и Томсона. Волны де-Бройля. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорость волн де-Бройля. Соотношения неопределенностей.

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. Критический заряд $Z = 137$.

5. 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. Туннельный эффект: α - распад атомных ядер, автоэлектронная эмиссия. Туннельный микроскоп. Квазистационарное состояние. Ширина уровня и время распада. Электрон в периодическом потенциале. Понятие об энергетических зонах. Предельный переход к классической механике и оптике. Основы квантовомеханической теории возмущений. Тождественность микрочастиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Системы ферми- и бозе-частиц.

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. Гипотеза Уленбека и Гаудсмита. Спин электрона. Собственный магнитный момент электрона. Спиновое гиромагнитное отношение. Понятие о правилах сложения невзаимодействующих моментов количества движения. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Формула тонкой структуры (Дирака).

7. 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 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.

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. 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.

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).

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.

Основная литература.

1. Попов А.М., Тихонова О.В. Лекции по атомной физике, М.: физ.фак. МГУ, 2007
2. Шпольский Э.В. Атомная физика, т.1,2. М.: Наука, 1974
3. Матвеев А.Н. Атомная физика, М.: Высшая школа, 1989
4. Гольдин Л.Л., Новикова Г.И. Введение в квантовую физику, М.: Наука, 1988
5. Вихман Э., Квантовая физика, М.: Наука, 1974
6. Сивухин Д.В. Курс общей физики, т.5, ч.1, М.: Наука, 1988

Дополнительная литература.

1. Борн М. Атомная физика, М.: Мир, 1965
2. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике, т.3,8,9 М.: Мир, 1967
3. Фано У., Фано Л. Физика атомов и молекул, М.: Наука, 1980
4. Флюгге З. Задачи по квантовой механике, т.1,2. М.: Мир, 1974
5. Милантьев В.П., Атомная физика, М.: Из-во Университета дружбы народов, 1999