

ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И ЭКОЛОГИИ

ПРОГРАММА по курсу: КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА. II.

для студентов 3 курса (VI семестр)

Авторы: академик Беляев Спартак Тимофеевич,
доцент Толоконников Сергей Владимирович

1. *Сложный атом.* Самосогласованное поле. Заполнение электронных уровней. Качественное объяснение периодической системы Менделеева. Вычисление атомных термов. Уравнение Томаса-Ферми.
2. *Атом в магнитном поле.* Следствия калибровочной инвариантности электромагнитных потенциалов для уравнения Шредингера. Расщепление уровней в магнитном поле. Парамагнетизм и диамагнетизм атомов. Нейтральная система со спином в магнитном поле. Уравнение Гайзенберга для спина. Теорема Лармора. Парамагнитный резонанс. Принцип метода мюонного резонанса. Движение в неоднородном поле.
3. *Вариационные методы в квантовой механике.* Вариационный принцип. Вариационный метод Ритца. Метод матрицы плотности. Уравнение для матрицы плотности. Одночастичное приближение. Метод Хартри - Фока. Метод самосогласованного поля. Вариационный подход и метод Томаса -Ферми. Метод функционала плотности. Метод генератора координаты.
4. *Молекулы.* Гомеополлярная связь (на примере двухатомной молекулы водорода). Обменное взаимодействие. Свойство насыщения и валентность. Структура молекулярных уровней. Колебательные и вращательные уровни. Пересечение термов. Взаимодействие атомов на далеких расстояниях. Квантование сферического ротатора.
5. *Кристаллы.* Спектр электронов в периодическом поле (одномерная решетка). Теорема Блоха. Квазиимпульс. Энергетический спектр в приближении сильной и слабой связи.
6. *Квантование электромагнитного поля.* Вероятности излучения и поглощения квантов. Распределение Планка как условие равновесия излучения с веществом в "абсолютно черном теле". Излучение атомами. Дипольное и квадрупольное излучение. Роль правил отбора.
7. *Преобразования симметрии и законы сохранения.* Точечные преобразования. Инверсия координат и четность. Непрерывные преобразования. Группы преобразований. Группы Ли и их генераторы. Группа вращений, углы Эйлера. Приводимые и неприводимые представления группы вращений. Тензора. Прямое произведение тензоров и их разложение по неприводимым тензорам. Правила отбора для матричных элементов. Теорема Вигнера - Экарта. Правила отбора для излучения.
8. *Теория рассеяния.* Сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Интегральное уравнение для задачи рассеяния. Приближение Борна. Критерии применимости борновского приближения. Матрица рассеяния. Оптическая теорема. Фазовая теория рассеяния в центрально-симметричном поле. Рассеяние в квазиклассическом приближении. Формула Резерфорда. Упругое столкновение быстрых электронов с атомом. Рассеяние тождественных частиц. Рассеяние медленных частиц. Длина рассеяния. Резонансное рассеяние. Аналитические свойства амплитуды рассеяния. Виртуальные и квазистационарные состояния. Упругое рассеяние при наличии неупругих каналов. Неупругое рассеяние медленных частиц. Рассеяние быстрых частиц, пример поглощающей сферы, дифракция. Формула Брейта-Вигнера. Система волновых функций непрерывного спектра. Уравнение Липпмана-Швингера. Многократное рассеяние.
9. *Релятивистские квантовые уравнения.* Уравнение Клейна-Гордона. Уравнение Дирака. Свободное движение. Интерпретация решений с отрицательной энергией. Четырехмерный ток. Сохраняющийся момент. Оператор скорости и его собственные значения. Оператор спина. Ультрарелятивистский случай. Спиральность, степень ее несохранения при отличной от нуля

массе. (Пример распада пи и мю). Нерелятивистское приближение в электромагнитном поле. Спиновый магнитный момент. Спин-орбитальное взаимодействие. Релятивистские поправки в спектре атома водорода. Симметричная запись уравнения Дирака. Свойства гамма-матриц и их тензорных комбинаций. Свойства инвариантности уравнения.

10. *Метод функций распространения (пропагаторов), графики Файнмана.* Теория для нерелятивистского уравнения Шредингера. Релятивистские пропагаторы для уравнения Дирака. Элементы графиков Файнмана для квантовой электродинамики.
11. *Релятивистские выражения для вероятности процессов, сечений.* Суммирование по поляризациям. Рассеяние электрона и позитрона протоном. Полуколичественное рассмотрение других процессов (тормозное излучение мягких квантов. Лэмбовское смещение, естественная ширина линии).
12. *Методологические вопросы квантовой физики.* Дифракция на двух щелях с дополнительными измерениями прохождения через определенную щель. Роль измерений. Модельный эксперимент Эйнштейна-Подольского-Розена и реальные эксперименты по "квантовой информации". Неравенства Белла. Эффект Ааронова-Бома.

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ:

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Квантовая механика. Москва, "Наука" 1989.
2. А. С. Давыдов. Квантовая механика. Москва, "Наука" 1973.
3. П. А. Дирак. Принципы квантовой механики. Москва, "Наука" 1979.
4. В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. Задачи по квантовой механике. Москва, "Наука" 1981.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

1. А. Мессиа. Квантовая механика. Том 1. Москва, "Наука" 1978. Том 2. Москва, "Наука" 1979.
2. Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. Москва, "Наука" 1976.
3. Л. Шифф. Квантовая механика. Москва, ИЛ, 1967.
4. З. Флюгге. Задачи по квантовой механике. Том 1, Москва, "Мир" 1974. Том 2, Москва, "Мир" 1975.