

ПРОГРАММА КУРСА КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

(3-й - 4-й курсы физического факультета ХНУ)

I. Основы квантовой механики

- 1.1. Явления, требующие квантово-механического описания.
- 1.2. Волновые свойства частиц. Гипотеза де-Бройля. Принцип дополнительности.
- 1.3. Волновая функция. Статистическая интерпретация волновой функции.
- 1.4. Принцип суперпозиции. Разложение волновой функции по плоским волнам.
- 1.5. Соотношение неопределенностей. Принцип соответствия.
- 1.6. Принцип причинности в квантовой механике.

II. Уравнение Шредингера

- 2.1. Волновое уравнение Шредингера.
- 2.2. Плотность потока вероятности.
- 2.3. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме.
- 2.4. Одномерный осциллятор.
- 2.5. Отражение и прохождение через потенциальный барьер.
- 2.6. Сингулярные потенциалы. Дираковская гребенка (модель Кронига-Пенни).

III. Математический аппарат квантовой механики

- 3.1. Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения операторов.
- 3.2. Эрмитовы операторы. Ортогональность и нормировка собственных векторов эрмитовых операторов.
- 3.3. Квантово-механические величины и операторы. Гильбертово пространство волновых функций.
- 3.4. Бра- и кэт-векторы. Теория представлений.
- 3.5. Переход в импульсное представление. Равноускоренное движение.
- 3.6. Вигнеровская функция распределения.
- 3.7. Волновая функция и вероятность результатов измерений. Средние значения физических величин.
- 3.8. Коммутация операторов. Неравенство Гейзенберга. Скобки Пуассона в квантовой механике.
- 3.9. Операторы и собственные функции координаты и импульса.
- 3.10. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния.
- 3.11. Операторы, собственные значения и собственные функции механического момента и квадрата момента.
- 3.12. Четность состояний.

- 3.13. Дифференцирование операторов по времени. Интегралы движения. Полный набор физических величин.
- 3.14. Соотношение неопределенности для времени и энергии.

IV. Движение в центрально-симметричном поле

- 4.1. Волновая функция частицы в центрально-симметричном поле. Разделение переменных в уравнении Шредингера.
- 4.2. Движение в кулоновском поле. Случайное вырождение.

Приближенные методы в квантовой механике

V. Квазиклассическое приближение

- 5.1. Предельный переход к классической механике.
- 5.2. Движение в потенциальной яме в квазиклассическом приближении. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.
- 5.3. Прохождение через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
- 5.4. Применение квантового туннелирования. Полевая эмиссия, α -распад тяжелых ядер, синтез легких ядер.

VI. Теория возмущений

- 6.1. Теория возмущений, не зависящих от времени.
- 6.2. Теория возмущений при наличии вырождения.
- 6.3. Теория нестационарных возмущений. Переход системы в новое стационарное состояние под влиянием возмущения.

VII. Вариационный принцип в квантовой механике.

VIII. Матричная форма квантовой механики

- 8.1. Собственные функции и собственные значения оператора, заданного в матричной форме.
- 8.2. Представления Шредингера и Гейзенберга.
- 8.3. Получение спектра гармонического осциллятора матричным методом.

IX. Спин и тождественность частиц

- 9.1. Спин элементарных частиц. Операторы спина.
- 9.2. Собственные функции и собственные значения операторов спина.
- 9.3. Полный механический момент. Сложение моментов.
- 9.4. Уравнение Паули. Спиновый магнитный момент.

- 9.5. Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные состояния.
- 9.6. Волновые функции систем бозонов и фермионов. Принцип Паули.
- 9.7. Невзаимодействующие электроны в трехмерной яме. Электронный вклад в теплоемкость металлов.
- 9.8. Следствия принципа Паули: атомное ядро; белые карлики и нейтронные звезды.
- 9.9. Волновая функция двухчастичной системы фермионов. Обменное взаимодействие.

X. Электронная структура атомов

- 10.1. Волновая функция многоэлектронного атома. Метод Хартри-Фока.
- 10.2. Статистическая модель атома.
- 10.3. Квантовые числа, характеризующие состояния электронов в атоме. Атомные термы.
- 10.4. Периодическая система элементов.
- 10.5. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака. Диамагнетизм атомов.
- 10.6. Эффект Штарка.

XI. Движение в однородном магнитном поле

- 11.1. Энергетический спектр и волновая функция электрона в постоянном и однородном магнитном поле. Уровни Ландау.

XII. Теория упругого рассеяния

- 12.1. Амплитуда и сечение рассеяния.
- 12.2. Функция Грина задачи рассеяния.
- 12.3. Борновское приближение.
- 12.4. Рассеяние в кулоновском поле. Формула Резерфорда.

XIII. Метод вторичного квантования. Взаимодействие света с веществом

- 13.1. Метод факторизации для решения уравнения Шредингера. Операторы рождения и уничтожения.
- 13.2. Вторичное квантование для систем бозонов и фермионов.
- 13.3. Квантование поля излучения.
- 13.4. Когерентные состояния электромагнитного поля.
- 13.5. Взаимодействие электрона с излучением. Поглощение и излучение света.
- 13.6. Дипольные переходы в атомных системах. Правила отбора.
- 13.7. Рассеяние света атомами.

XIV. Квантовомеханические эффекты

- 14.1. Эффект Ааронова-Бома
- 14.2. Квантовый эффект Холла.

XV. Релятивистская квантовая механика

- 15.1. Волновое релятивистское уравнение для частицы с нулевым спином.
- 15.2. Уравнение Дирака.
- 15.3. Решение уравнения Дирака для свободной частицы.
- 15.4. Понятие о позитроне.
- 15.5. Спин частицы в теории Дирака. Переход к полуклассическому уравнению Паули.

XVI. Запутанные (entangled) состояния

- 16.1. Запутанные состояния. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена.
- 16.2. Неравенства Белла.
- 16.3. Квантовая криптография. Квантовая теорема о невозможности клонирования.
- 16.4. Квантовые компьютеры. Алгоритм Шора.

Литература

1. Левич В.Г., Вдовин Ю.А., Мямлин В.А. Курс теоретической физики. Т. 2. - М.: Физматгиз, 1962. - 819 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика.-М.: Физматгиз, 1963.-702 с.
3. Давыдов А.С. Квантовая механика. - М.: Физматгиз, 1963. - 748 с.
4. Бете Г. Квантовая механика. - М.: Мир, 1965. - 333 с.
5. Фейнман Р., Хиббс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. - М.: Мир, 1968. - 382 с.
6. Ульянов В.В. Задачи по квантовой механике и квантовой статистике. - Харьков: Вища школа, 1980. - 216 с.
7. Ульянов В.В. Методы квантовой кинетики. - Харьков: Вища школа, 1987. - 144 с.
8. J.-L. Basdevant, J. Dalibard. Quantum Mechanics. – Springer-Verlag, Berlin, 2002. – 512 p.