

ПРОГРАМА
КУРСУ КВАНТОВОЇ МЕХАНІКИ

(3-й - 4-й курси фізичного факультету ХНУ)

I. Основи квантової механіки

- 1.1. Явища, які вимагають квантово-механічного опису.
- 1.2. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де-Бройля. Принцип доповнюваності.
- 1.3. Хвильова функція. Статистична інтерпретація хвильової функції.
- 1.4. Принцип суперпозиції. Розкладання хвильової функції по плоских хвилях.
- 1.5. Співвідношення невизначеностей. Принцип відповідності.
- 1.6. Принцип причинності у квантовій механіці.

II. Рівняння Шредингера

- 2.1. Хвильове рівняння Шредингера.
- 2.2. Щільність потоку ймовірності.
- 2.3. Частинка в одновимірній прямокутній потенціальній ямі.
- 2.4. Одновимірний осцилятор.
- 2.5. Відбиття та проходження через потенціальний бар'єр.
- 2.6. Сингулярні потенціали. Діраковська гребінка (модель Кроніга-Пенні).

III. Математичний апарат квантової механіки

- 3.1. Лінійні оператори. Власні вектори та власні значення операторів.
- 3.2. Ермитові оператори. Ортогональність та нормировка власних векторів ермитових операторів.
- 3.3. Квантово-механічні величини та оператори. Гільбертово простір хвильових функцій.
- 3.4. Бра- та кет-вектори. Теорія зображень.
- 3.5. Перехід в імпульсне зображення. Рівноприскорений рух.
- 3.6. Вігнерівська функція розподілу.
- 3.7. Хвильова функція та ймовірність результатів вимірів. Середні значення фізичних величин.
- 3.8. Комутація операторів. Нерівність Гейзенберга. Дужки Пуассона у квантовій механіці.
- 3.9. Оператори та власні функції координати та імпульсу.
- 3.10. Оператор Гамільтона. Стаціонарні стани.
- 3.11. Оператори, власні значення та власні функції механічного моменту та квадрата моменту.
- 3.12. Парність станів.
- 3.13. Диференціювання операторів за часом. Інтеграл руху. Повний набір фізичних величин.
- 3.14. Співвідношення невизначеності для часу та енергії.

IV. Рух у центрально-симетричному полі

- 4.1. Хвильова функція частинки в центрально-симетричному полі. Поділ змінних у рівнянні Шредингера.
- 4.2. Рух у кулоновському полі. Випадкове виродження.

V. Квазікласичне наближення

- 5.1. Граничний перехід до класичної механіки.
- 5.2. Рух у потенціальній ямі у квазікласичному наближенні. Правила квантування Бор – Зомерфельда.
- 5.3. Проходження через потенціальний бар'єр. Тунельний ефект.
- 5.4. Застосування квантового тунелювання. Польова емісія, α -розпад важких ядер, синтез легких ядер.

VI. Матрична форма квантової механіки

- 6.1. Власні функції й власні значення оператора, заданого в матричній формі.
- 6.2. Вистави Шредингера та Гейзенберга.
- 6.3. Одержання спектра гармонічного осцилятора матричним методом.

VII. Теорія збурень

- 7.1. Теорія збурень, що не залежать від часу.
- 7.2. Теорія збурень при наявності виродження.
- 7.3. Теорія нестационарних збурень. Перехід системи в новий стаціонарний стан під впливом збурення.

VIII. Спин і тотожність часток

- 8.1. Спин елементарних часток. Оператори спина.
- 8.2. Власні функції й власні значення операторів спина.
- 8.3. Повний механічний момент. Додавання моментів.
- 8.4. Рівняння Паулі. Спіновий магнітний момент.
- 8.5. Принцип тотожності часток. Симетричні та антисиметричні стани.
- 8.6. Хвильові функції систем бозонів та ферміонів. Принцип Паулі.
- 8.7. Невзаємодіючі електрони в тривимірній ямі. Електронний внесок у теплоємність металів.
- 8.8. Наслідки принципу Паулі: атомне ядро; білі карлики й нейтронні зірки.
- 8.9. Хвильова функція двохчастинкової системи ферміонів. Обмінна взаємодія.

IX. Електронна структура атомів

- 9.1. Хвильова функція багатоелектронного атома. Метод Хартрі-Фока.
- 9.2. Статистична модель атома.
- 9.3. Квантові числа, які характеризують стани електронів в атомі. Атомні терми.
- 9.4. Періодична система елементів.

- 9.5. Ефекти Зеємана та Пашена – Бака. Діамагнетизм атомів.
- 9.6. Ефект Штарка.

X. Рух в однорідному магнітному полі

- 10.1. Енергетичний спектр та хвильова функція електрона в постійному й однорідному магнітному полі. Рівні Ландау.

XI. Теорія пружного розсіювання

- 11.1. Амплітуда та перетин розсіювання.
- 11.2. Функція Гріна завдання розсіювання.
- 11.3. Борнівське наближення.
- 11.4. Розсіювання в кулоновському полі. Формула Резерфорда.

XII. Метод вторинного квантування. Взаємодія світла з речовиною

- 12.1. Метод факторизації для розв'язку рівняння Шредингера. Оператори народження та знищення.
- 12.2. Вторинне квантування для систем бозонів та ферміонів.
- 12.3. Квантування поля випромінювання.
- 12.4. Когерентні стани електромагнітного поля.
- 12.5. Взаємодія електрона з випромінюванням. Поглинання й випромінювання світла.
- 12.6. Дипольні переходи в атомних системах. Правила відбору.
- 12.7. Розсіювання світла атомами.

XIII. Квантовомеханические ефекти

- 13.1. Ефект Ааронова-Бома
- 13.2. Квантовий ефект Холу.

XIV. Релятивістська квантова механіка

- 13.1. Хвильове релятивістське рівняння для частки з нульовим спіном.
- 13.2. Рівняння Дірака.
- 13.3. Розв'язок рівняння Дірака для вільної частинки.
- 13.4. Поняття про позитрон.
- 13.5. Спин частинки в теорії Дірака. Перехід до напівкласичного рівняння Паулі.

XV.

XVI. Заплутані (entangled) стану

- 15.1. Заплутані стани. Парадокс Ейнштейна – Подільського – Розена.
- 15.2. Нерівності Белла.
- 15.3. Квантова криптографія. Квантова теорема про неможливість клонування.
- 15.4. Квантові комп'ютери. Алгоритм Шора.

Література

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.