

ПРОГРАМОВІ ВИМОГИ ДО ДИСЦИПЛІНИ з курсу «КВАНТОВА МЕХАНІКА»

для студентів спеціальності:

014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)

1. Вступ. Обмеженість класичної теорії і необхідність переходу до квантових понять. Гіпотези Планка. Ейнштейна, Бора, де Бройля; корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хвильова функція і принцип суперпозиції. Ймовірна інтерпретація хвильової функції, принцип причинності.

2. Основні положення квантової теорії і нерелятивістське наближення. Поняття станів в квантовій теорії. Кет- і бра-вектори станів, простір Гільберта. Умова нормування. Розклад векторів станів за базисними векторами, фізичний зміст коефіцієнтів розкладу. Принцип суперпозиції.

3. Динамічні змінні в квантовій теорії. Оператори як спостережувальні та їх властивості. Власні значення і власні функції (вектори) спостережувальних. Дискретний і неперервний спектри власних значень, їх фізична інтерпретація. Властивості власних векторів, їх повнота і розклад векторів станів за системою векторів спостережувальної, фізичний зміст коефіцієнтів розкладу: нормування власних векторів у випадках дискретного і неперервного спектрів. Поняття проповний набір спостережувальних. Середні значення фізичних величин. Співвідношення невизначеності для некомутуючих спостережувальних. Вимірювання фізичних величин. Поняття ідеального вимірювання.

4. Елементи теорії представлень. Координатне, імпульсне і матричне представлення векторів станів і спостережувальних. Квантова дужка Пуассона, оператори координат, імпульсів і моментів імпульсу, власні значення і власні функції. Перехід від одного представлення до іншого як результат унітарного перетворення. Канонічні перетворення, властивості унітарних перетворень (унітарні інваріанти).

5. Зміна векторів стану з часом. Оператор Гамільтона. Основні рівняння квантової теорії. Нерелятивістське наближення, рівняння Шредінгера. Стаціонарні стани та їх властивості. Рівняння неперервності. нормування векторів станів у випадку дискретного і неперервного спектрів. Представлення Шредінгера. Гейзенберга і взаємодії. 8-матричне формулювання квантової теорії: імовірність переходу системи з початкового у заданий кінцевий стан. Закони зміни і збереження фізичних величин; зв'язок інтегралів руху із симетрією системи.

6. Чисті і змішані стани. Поняття чистого стану і ансамблю. Вимірювання і редукція вихідного стану. Змішані стани і ансамблі. Поняття про матрицю густини (статистичний оператор). Основне рівняння для статистичного оператора. Співвідношення класичної і квантової теорій. Теорема Еренфеста.

7. Деякі застосування квантової теорії. Лінійний гармонічний осцилятор в координатному, імпульсному і матричному представленнях. Лінійний гармонічний осцилятор у представленні чисел заповнення, поняття про когерентні стани. Загальна терія руху у центральній-симетричному полі; власні значення і власні функції кутового моменту. Теорія воднеподібного атому з урахуванням руху ядра. Енергетичний спектр і власні функції атома водню.

8. Загальна теорія моментів. Власні значення і власні функції моментів. Спін електрона, власні вектори оператора спіну. Властивості матриць Паулі. Рівняння Паулі. Векторне додавання моментів, коефіцієнти Клейма-Гордана. Кульові спінори.

9. Наближені методи квантової теорії. Квазікласичне наближення, метод ВКБ. Граничні умови, правила квантування Бора-Зоммерфельда. Тунельний ефект. Теорія збурень для стаціонарних задач з дискретним спектром при відсутності і наявності виродження, а також близьких власних значень. Перше і друге наближення. Ефект Штарка. Варіаційний принцип квантової механіки, варіаційний метод Рітца. Нестационарна теорія збурень, квантові переходи. Густина числа кінцевих станів та ймовірність переходу в одиницю часу під дією періодичного збурення. Принцип детальної рівноваги. Адіабатичні і раптові збурення.

10. Пружне розсіяння частинок. Переріз розсіяння у першому борнівському наближенні, умови його застосування. Формула Резерфорда. Метод парціальних хвиль в теорії розсіяння. Оптична теорема. Фазовий аналіз. Перехід до першого борнівського наближення. S -матриця розсіяння.

11. Теорія випромінювання. Квантування вільного електромагнітного поля. Фотони. Інтенсивність вимушеного і спонтанного випромінювання у дипольному наближенні. Правила відбору. Поняття про випромінювання вищих мультипольностей. Квантова теорія дисперсії.

Основи релятивістської квантової теорії.

12. Обмеженість нерелятивістської квантової теорії, необхідність врахування релятивістських ефектів. Рівняння Клейна-Фока-Гордона та його застосовність до опису частинок з нульовим спіном. Густина заряду і струму. Частинки і античастинки. Рівняння КФГ в електромагнітному полі, двозначність густини заряду.

13. Рівняння Дірака. Рівняння Дірака у гамільтоновій і коваріантні формах, його застосовність до опису частинок із спіном Уг. Матриці Дірака та їх властивості. Рівняння неперервності і нормування хвильової функції. Коваріантність рівняння Дірака відноснопросторово-часових обертань. P - , T- і C -перетворень. СРТ-теорема. Рівняння Дірака для вільних частинок, передбачені існування позитронів; поняття про електрон-позитроний вакуум. Кутовий власний і повний механічний момент в теорії Дірака. Одночастинкове наближення дрижання Шредінгера. Перетворення Фолді-Вусайзена. Квазірелятивістське наближення рівняння Дірака в зовнішньому електромагнітному полі. Перехід до рівняння Паулі. Спін-орбітальна, контактна і релятивістська поправки. Тонка структура енергетичних рівнів атома водню. Надтонка структура. Лембівський зсув рівнів (за Вельтоном). Нормальний і аномальний ефекти Заємана. ефект Пашена-Баха.

Основи теорії багатьох частинок.

14. Тотожні частинки. Основне рівняння для системи частинок, рівняння неперервності. Наближення невзаємодіючих частинок. Принцип тотожності (нерозрізшованості) однакових частинок. Принцип Паулі. Хвильові функції системи невзаємодіючих однакових частин. Ферміони і бозони, зв'язок спіну із статистикою. Обмінні ефекти припозіянні частинок із спіном 0, Уг. Теорія двоелектронних атомів, пара- і орто- стани гелію, внесок обмінних ефектів. Багатоелектронні атоми, метод Хартрі-Фока. Будова складних атомів, система елементів Д. І. Менделєєва. Статистичний метод Томаса-Фермі.

15. Теорія найпростіших молекул. Г етеро- і гомеоплярні молекули. Адіабатичне наближення в теорії молекул. Теорія молекули водню. Природа хімічного зв'язку. Ион молекули водню.

16. Вторинне квантування. Вторинне квантування у випадку бозонів. Вторинне квантування у випадку ферміонів. Оператор Гамільтона у представленні вторинного квантування, незбереження числа частинок у заданому стані при включенні взаємодії.