**Квантова механіка**

**ПРОГРАМОВІ ВИМОГИ ДО ІСПИТУ**

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. Ймовірнісна 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: норму вання 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, інпульсне 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 ін тегралів руху із симетрією системи.
6. **Чисті і змішані стани.** Поняття чистого стану і ансаблю. Вимірювання і редукція вихідного стану. Змішані стани і ансамблі. Поняття про матрицю густини (статестичний оператор). Основне рівняння для статестичного оператора. Співвідношення класичної і квантової теорій. Теореми Еренфеста.
7. **Деякі застосування квантової теорії.** Лінійний гармонічний осцилятор в координатному, імпульсному і матричному представленнях. Лінійний гармонічний осцилятор у пердставленні чисел заповнення, поняття про когерентні стани. Загальна терія руху у ценрально-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 Пауллі. Векторне додавання моментів, коефіцієнти клейма-Гордана. Кульові спінори.
9. **Наближені методи квантовох 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. Нестаціонарна теорія збурень, квантові переходи. Густини 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. 8-матриця розсіяння.
11. **Теорія випромінювання.** Квантування вільного електромагнітного поля. Фотони. Інтенсивність вимушеного із спонтанного випромінювання у дипольному наближенні. Правила відбору. Поняття про випромінювання вищих мультипольностей. Квантова теорія дисперсії.

**Основи релятивістської квантової теорії.**

1. **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 елетромагнітному полі, двозначність густини заряду.
2. **Рівняння Дірака.** Рівняння Дірака у гамільтоновій і коварянтні 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. Р -. Т- і С -перетворень. СРТ-теорема. Рівняння Дірака для вільних частинок, передбачені існування позитронів; поняття про електрон-позитроний вакум. 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.**

1. **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 припозсіянні частинок із спіном 0, Уг. Теорія двоелектроних атомів, пара- і орто- стани гелію, внесок обмінних ефектів. Багатоелектроні атоми, метод Хартрі-Фока. Будова складних атомів, система елементів Д. І. Менделєєва. Статистичний метод Томаса-Фермі.
2. **Теорія найпростіших молекул.** Г етеро- і гомеополярні молекули. Адіабатичне наближення в теорії молекул. Теорія молекули водню. Природа хімічного зв'язку. Ион молекули водню.
3. **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.