

Вопросы к экзамену по квантовой механике I.

поток лектора В.В.Киселева, ФОПФ — 5 семестр.

1. Аксиоматические принципы квантовой механики в картине Шредингера при каноническом квантовании, консервативные системы и спектральная задача, стационарное уравнение Шредингера.
2. Теоремы Эренфеста. Отличие квантовых уравнений для средних от классических. Гамильтонианы, для которых квантовые уравнения для средних совпадают с классическими.
3. Совместная точная измеримость наблюдаемых, вывод необходимого и достаточного условия.
4. Канонический формализм квантования: скобки Пуассона, флуктуации в классике и в квантовой механике, каноническое квантование, производная оператора по времени.
5. Формализм Дирака. Гильбертово пространство, обозначения Дирака, формализм бра- и кет-векторов, проекторы и полнота базиса состояний. Операторы: эрмитово сопряжение, унитарность, наблюдаемые.
6. Собственные векторы и дисперсия. Соотношение неопределенностей (вывод методом Вейля).
7. Плотность потока вероятности, уравнение непрерывности, случай свободной нерелятивистской частицы.
8. Волновой пакет, фазовая и групповая скорости, неопределенность координаты и импульса.
9. Импульсное представление: базис, уравнение Шредингера, оператор координаты.
10. Интегралы движения, условия вырождения состояний.
11. Неопределенность энергия-время.
12. Представление Гейзенберга, уравнение Гейзенберга, матричная динамика в дискретном спектре.
13. Одномерное движение. Вид потенциала, вронскиан, невырожденность в случае ограниченного движения. Условие двукратного вырождения в непрерывном спектре.
14. Одномерное движение. Вронскиан, дискретный спектр, осцилляторная теорема.
15. Одномерное движение. Вронскиан, задача рассеяния, соотношения взаимности для коэффициентов прохождения и отражения, сохранение потока вероятности.
16. Гармонический осциллятор. Канонический формализм квантования, характерные значения координаты, импульса и энергии, стационарные уровни, повышающий и понижающий операторы, их коммутатор и действие на состояния с заданным числом квантов энергии, вывод спектра, полиномы Эрмита.
17. Когерентные состояния гармонического осциллятора, распределение Пуассона по числу квантов, голоморфное представление, «полнота базиса» когерентных состояний.
18. Трансляции с непрерывным параметром сдвига, генераторы инфинитезимальных преобразований, общий вид преобразования операторов, связь с классическими преобразованиями физических величин, генератор трансляций для волновых функций.
19. Генераторы унитарных преобразований в квантовой механике и генераторы канонических преобразований в классической механике, каноническое квантование и связь преобразования квантовых наблюдаемых с преобразованием этих наблюдаемых в классической механике.
20. Повороты декартовых координат, генераторы вращений как обобщенные импульсы сдвига по углу вращения, момент импульса.
21. Коммутационные соотношения генераторов поворотов с векторными и скалярными наблюдаемыми, преобразование волновых функций скалярных частиц, орбитальный момент количества движения.
22. Преобразование волновых функций векторных частиц при поворотах, полный момент количества движения, спин векторной частицы.

23. Квантование момента импульса из коммутационных соотношений. По-вышающий и понижающий операторы, старший и младший векторы представления, вырождение квадрата момента по значениям проекции на ось, полуцелые значения момента импульса.
24. Допустимые значения орбитального момента, базис в сферических координатах, компоненты оператора орбитального момента в сферических координатах, сферические гармоники, полиномы Лежандра и их свойства, P -четность сферических гармоник, число узлов.
25. Спин $1/2$. Спинор и матрицы Паули, свойства матриц Паули, матрица преобразований спинора при вращениях на конечный угол, поворот на угол 2π .
26. Сопряженный спинор, эквивалентные представления группы вращения спиноров $SU(2)$, спинорная метрика.
27. Тожественные частицы и принцип запрета Паули, оператор перестановок тождественных частиц, его эрмитовость и собственные значения, антисимметричные и симметричные волновые функции, фермионы и бозоны, связь спина со статистикой и правило суперотбора.
28. Принцип запрета Паули и фермионный осциллятор, антикоммутационные соотношения операторов рождения и уничтожения, когерентные состояния фермионного осциллятора, голоморфное представление и переменные Грассмана.
29. Задача двух тел. Выделение движения центра масс, волновая функция относительного движения.
30. Центральное симметричное потенциальное, квантовые числа, связь оператора квадрата орбитального момента с квадратом импульса и генератором масштабных преобразований $(r \cdot p)$, радиальная волновая функция и ее уравнение Шредингера, центробежный потенциал.
31. Оператор радиального импульса и его эрмитовость, действие оператора радиального импульса на волновую функцию $u(r) = rR(r)$, вывод асимптотического поведения радиальной волновой функции вблизи нуля.
32. Атом водорода. Атомные единицы, асимптотическое поведение радиальной волновой функции в нуле и на бесконечности для связанных состояний.
33. Атом водорода. Главное и радиальное квантовые числа, спектр связанных состояний, вырождение уровней энергии по орбитальному моменту и P -четности.
34. Квазиклассика (1D): вывод правила квантования Бора–Зоммерфельда из условия на разность фаз между падающей на потенциальный барьер волны и отраженной от него волны, энергетическая плотность состояний.
35. Квазиклассика (1D): туннельный эффект, виртуальные частицы, критерий применимости квазиклассики в туннельном эффекте; поправки к энергии в задаче с возмущением.
36. Квазиклассика: (3D) метод JWKB (разложение по \hbar), классический предел и стационарные состояния; (1D) квазиклассическое приближение в областях потенциала, доступных и недоступных для классической частицы; точки поворота и критерий применимости квазиклассики.