

## Вопросы по квантовой теории 2025. (40 вопросов)

1. История автоматизации вычислений. Современные компьютеры. Современные суперкомпьютеры. Квантовые компьютеры.
2. Модели атома до квантовой теории (Томсон, Резерфорд, Бор). Проблемы элементарных моделей атомов до квантовой теории.
3. Проблемы классической теории при описании атомов и молекул. Экспериментальные проявления волновых свойств объектов микромира. Волна де-Бройля.
4. Алгебра операторов. Система обозначений в алгебре операторов. Равенство операторов. Операции с операторами. Коммутатор. Линейный оператор. Эрмитов оператор. Обратный оператор. Примеры линейных и эрмитовых операторов.
5. Собственные функции и собственные значения операторов. Спектр оператора. Типы спектров операторов. Вырожденный спектр. Степень вырождения. Привести пример решения задачи для определения спектра оператора и его собственной функции.
6. Теоремы для эрмитовых операторов (полный набор собственных функций, свойства собственных чисел, свойства собственных функций коммутирующих операторов, ортонормировка собственных функций). Доказательство представленных теорем (кроме полноты собственных функций)
7. Постулаты квантовой теории (перечислить). Постулат состояния в квантовой теории. Свойства квантовых состояний системы. Классическое описание состояния системы. Принцип неопределенности Гейзенберга и понятие квантового состояния. Дираковский способ обозначения вектора состояния в квантовой теории. Представления квантового состояния.
8. Волновая функция. Волновая функция системы частиц. Стандартные условия, накладываемые на волновую функцию. Статистическая интерпретация волновой функции. Условие нормировки волновой функции.
9. Постулаты квантовой теории (перечислить). Принцип суперпозиции состояний. Примеры проявления принципа суперпозиции квантовых состояний (по всему курсу, включая квантовую теорию переходов).
10. Постулаты квантовой теории (перечислить). Соответствие операторов физическим величинам в координатном представлении. Примеры операторов физических величин (координата, импульс, кинетическая энергия, потенциальная энергия, момент импульса, спин).
11. Постулаты квантовой теории (перечислить). Уравнение Шредингера. Одномерное уравнение Шредингера. Многомерное уравнение Шредингера.

Стационарное уравнение Шредингера. Стационарные состояния в координатном представлении.

12. Постулаты квантовой теории (перечислить). Постулат об измерении физической величины. Редукция квантового состояния при измерении. Примеры измерений кубитов и квантовых регистров в квантовых алгоритмах (по всему курсу). Среднее значение физической величины.
13. Предельный переход от квантовой теории к классической. Вывод уравнения классической механики из уравнения Шредингера. Вывод условия применимости классической теории.
14. Частица в яме с двумя бесконечно высокими стенками. Полное решение и интерпретация результатов решения.
15. Частица в яме конечной глубины. Полное решение задачи.
16. Туннелирование. Пояснение общего решения задачи о туннелировании.
17. Осциллятор. Уравнение Шредингера для осциллятора. Интерпретация результатов решения. Спектр уровней энергий. Классические точки поворота. Сравнение квантового решения с классическим для частицы на пружине.
18. Свободная частица. Уравнение Шредингера для свободного движения (трехмерное пространство). Решение уравнения Шредингера для свободной частицы. Связь данного решения с волной де-Бройля.
19. Атом водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Результат решения уравнения Шредингера для атома водорода. Спектр уровней энергии в задаче об атоме водорода. Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное). Спектроскопические обозначения для состояний электрона в атоме водорода.
20. Теория квантовых переходов. Вероятность переходов. Правило Ферми. Правила отбора. Интенсивности линий спектра. Одно- и многоквантовые переходы.
21. Стационарная теория возмущений. Эффект Штарка. Эффект Зеемана. Их качественное представление и описание. Роль эффекта Зеемана для квантовой теории и теории спина.
22. Квантовые интегралы движения. Дифференцирование операторов по времени.
23. Спин электрона. Оператор спина электрона. Матрицы Паули. Свойства матриц Паули. Собственные функции оператора спина.
24. Уравнение Паули. Матричный вид уравнения Паули. Стационарные состояния для уравнения Паули.

25. Поведение спина в скрещенном переменном и постоянном магнитном полях. Спиновый резонанс (спин флип). Вывод решения.
26. Тонкая и сверхтонкая структура уровней на примере атома водорода. Понятие о Лэмбовском сдвиге уровней на примере спектра атома водорода.
27. Тожественные частицы. Оператор перестановки. Многоэлектронные атомы. Модель невзаимодействующих электронов. Спектры многоэлектронных атомов. Атомные термы.
28. Кубит. Определение. Свойства. Параметризация кубита. Результат измерения кубита. Модельное представление кубита (сфера Блоха). Квантовая модель вычислений (отличие от классической модели)
29. Однокубитовые операторы (гейты). Примеры квантовых цепей с однокубитовыми операторами
30. Квантовый регистр. Определение. Различные обозначения регистра кубит. Многокубитовые квантовые операторы (гейты). Примеры квантовых цепей с многокубитовыми операторами.
31. Запутанные состояния. Состояния Белла. Квантовая цепь для получения запутанных состояний. ЭПР пары. Невозможность клонирования кубита.
32. Квантовый алгоритм Дойча. Постановка задачи. Полное решение данной квантовой задачи на примере из двух кубитов. Алгоритм Дойча-Джозса (общая постановка задачи, квантовая цепь).
33. Квантовый алгоритм Саймона. Постановка задачи. Математическое описание алгоритма Саймона. Квантовая цепь для описания алгоритма Саймона. Классическая часть алгоритма. Практическая реализация алгоритма на примере двухкубитовых регистров.
34. Квантовый алгоритм Шора. Постановка задачи. Этапы реализации алгоритма. Квантовая цепь алгоритма. Классический этап реализации алгоритма.
35. Квантовое преобразование Фурье для квантового регистра. Определение. Прямое и обратное квантовое преобразование Фурье. Примеры выполнения квантового преобразования Фурье. Оценка фазы (постановка задачи).
36. Поиск в неупорядоченной базе данных. Явление амплитудного усиления. Квантовый алгоритм Гровера. Оракул. Оператор Гровера.
37. Квантовая телепортация. Схема квантовой телепортации. Математическое обоснование задачи квантовой телепортации на примере трехкубитовой системы.

38. Квантовая криптография. Квантовый протокол распространения ключа BB84. Практический пример использования алгоритма BB84. Обнаружение прослушивания в алгоритме BB84.
39. Квантовая криптография. Квантовый протокол распространения ключа B92.
40. Сверхплотное кодирование. Пример использования ЭПР пар для реализации сверхплотного кодирования. Пример шифрования информации с использованием технологии сверхплотного кодирования.