

# Теоретические вопросы к экзамену по квантовой теории, I-й поток.

Январь 2025 г.

## Часть 1.

1. Гильбертово пространство чистых состояний. Базис. Классификация операторов. Физический смысл эрмитовых, унитарных, проекционных операторов.
2. Спектральное разложение эрмитова оператора, определение функции от оператора, теоремы об эрмитовых операторах.
3. Матрица плотности, ее свойства. Изменение состояния системы при измерении.
4. Чистое состояние. Принцип суперпозиции, его обоснование.
5. Совместимые и несовместимые наблюдаемые. Полный набор наблюдаемых. Соотношение неопределенностей.
6. Составные системы. Матрицы плотности составной системы и подсистем.
7. “Парадоксы” квантовой теории. GHZ, CHSH, ЭПР.
8. Уравнение Линдблада. Примеры эволюции с уменьшением и увеличением чистоты состояния.
9. Уравнение фон Неймана. Свойства оператора эволюции. Оператор эволюции для консервативной и неконсервативной системы. Стационарные состояния.
10. Представление Гайзенберга. Интегралы движения и непрерывные симметрии. Вырождение уровней энергии.
11. Представление взаимодействия. T-экспонента в представлении Дирака.
12. Квантовый эффект Зенона.
13. Операторы с непрерывным спектром. Обобщенные собственные вектора. Превращение непрерывного спектра в дискретный. Физический смысл обобщенных собственных векторов.
14. Одномерное движение материальной точки. Определение координаты и импульса. Явный вид операторов координаты и импульса в координатном и импульсном представлениях. Связь представлений.
15. Общие свойства одномерного стационарного уравнения Шредингера. Embedded levels.
16. Общие свойства нестационарного уравнения Шредингера для материальной точки. Одномерная задача рассеяния. Движение пакетов.
17. Периодический потенциал. Конечный отрезок периодического потенциала.
18. Общая теория момента. Матричные элементы компонент момента.
19. Сложение моментов. Коэффициенты Клебша-Гордона. Старшие вектора.
20. Матричные элементы скалярных и векторных операторов. Понятие о неприводимых тензорах.

21. Сферически симметричный потенциал. Радиальное уравнение Шредингера. Граничное условие при  $r=0$ .
22. Падение на центр.

## Часть 2.

23. Квазиклассическое приближение. Сшивание квазиклассических волновых функций в точке поворота.
24. Применение квазиклассического приближения: правило квантования Бора-Зоммерфельда, туннелирование.
25. Стационарная теория возмущений. Невырожденный уровень, 1й и 2й порядки.
26. Стационарная теория возмущений. Вырожденный уровень, 1й и 2й порядки.
27. Теория возмущений для близких уровней.
28. Упругое потенциальное рассеяние. Постановка задачи, сечение рассеяния. Уравнение Липпмана-Швингера. Борновский ряд, 1е борновское приближение, условие применимости.
29. Парциальное разложение. Фаза рассеяния. Условие унитарности для парциальной амплитуды рассеяния, оптическая теорема.
30. Уравнение Липпмана-Швингера для парциальной волны. Выражение для парциальной амплитуды рассеяния, 1е борновское приближение.
31. Регулярное решение, функция Йоста.
32. Нули функции Йоста. Дискретные и виртуальные уровни. Теорема Левинсона.
33. Метастабильный уровень: распад состояния и резонанс при рассеянии.
34. Метастабильный уровень как суперпозиция состояний непрерывного спектра. Форма линии.
35. Рассеяние при низких энергиях. Резонанс в рассеянии при низких энергиях.
36. Рассеяние при высоких энергиях, приближение эйконала.
37. Нестационарная теория возмущений. Золотое правило Ферми. Переходы во 2м порядке.
38. Эволюция системы и функция Грина. Превращение дискретного уровня в метастабильный.
39. S-матрица, T-матрица, оптическая теорема.
40. Тожественные частицы: принцип неразличимости, пространство состояний, базис в пространстве состояний, наблюдаемые.
41. Представление вторичного квантования: фоковское пространство, базис в фоковском пространстве, оператор волновой функции, наблюдаемые в представлении вторичного квантования.
42. Многоэлектронный атом: приближение центрального поля, конфигурация, термы, 1е и 2е правила Хунда.
43. Многоэлектронный атом: тонкая структура термов, эффективный гамильтониан, 3е правило Хунда.

44. Квантование электромагнитного поля. Состояния с определенной энергией. Когерентные состояния. Задача излучения.
45. Уравнение Дирака. Интерпретации решений свободного уравнения Дирака. Нерелятивистский предел уравнения Дирака.