

Теоретический минимум
для экзамена по квантовой теории (2-й поток)
(январь 2007 г.)

Часть I

1. Матрица плотности $\hat{\rho}$:
 - среднее значение наблюдаемой $\langle \hat{A} \rangle$
 - условие нормировки
 - вероятность пребывания в чистом состоянии $|\psi\rangle$
 - условие чистоты состояния, связь $\hat{\rho}$ с соответствующей $|\psi\rangle$
2. Волновая функция $|\psi\rangle$:
 - определение чистого состояния
 - среднее значение наблюдаемой $\langle \hat{A} \rangle$
 - условие нормировки
 - вероятность пребывания в другом чистом состоянии $|\xi\rangle$
3. Измерение наблюдаемой \hat{A} (чисто дискретный спектр) в состоянии $\hat{\rho}$:
 - результаты измерения и их вероятность
 - среднее значение и дисперсия
4. Измерение наблюдаемой \hat{A} (чисто дискретный спектр) в чистом состоянии $|\psi\rangle$:
 - результаты измерения и их вероятность
 - среднее значение и дисперсия
5. Соотношение неопределенностей для наблюдаемых \hat{A} и \hat{B} .
6. Определение эрмитова оператора, проекционного оператора, унитарного оператора. Спектральное разложение эрмитова оператора (чисто дискретный спектр и общий случай).
7. Унитарное преобразование в гильбертовом пространстве (наблюдаемая, матрица плотности, волновая функция).
8. Наблюдаемая \hat{A} с непрерывным спектром, базис собственных функций:
 - условие нормировки
 - разложение произвольной $|\psi\rangle$ по базису, физический смысл $\psi(a)$.
9. Составные системы:
 - матрица плотности подсистемы
 - все возможные сочетания типов состояний (чистых и смешанных) для составной системы и ее подсистем
 - примеры всех возможных сочетаний типов состояний (чистых и смешанных) для составной системы и ее подсистем для системы двух спинов $1/2$
10. Динамика:
 - Уравнение Гайзенберга, его формальное решение.
 - Нестационарное уравнение Шредингера, его формальное решение.
 - Связь представлений Гайзенберга и Шредингера.
 - Оператор эволюции: уравнение и свойства.
 - Стационарное уравнение Шредингера, стационарные состояния, их физический смысл.
11. Одномерное движение материальной точки:
 - каноническое коммутационное соотношение
 - координатное и импульсное представления, их связь
 - физический смысл $\psi(x)$, $\psi(p)$
 - нестационарное уравнение Шредингера в координатном представлении
 - стационарное уравнение Шредингера в координатном представлении
 - уравнение непрерывности
12. Одномерное стационарное уравнение Шредингера:
 - области дискретного и непрерывного спектра, кратность вырождения
 - осцилляционная теорема
 - случай четного потенциала
13. Гармонический осциллятор:
 - определение \hat{a} и \hat{a}^+ , их коммутатор
 - матричные элементы \hat{a} и \hat{a}^+ в базисе $|n\rangle$
 - гамильтониан осциллятора, уровни энергии
 - когерентное состояние $|\alpha\rangle$, его физический смысл
 - действие \hat{a} и \hat{a}^+ на $|\alpha\rangle$ и $\langle\alpha|$
14. Одномерная задача рассеяния: определение коэффициентов отражения и прохождения

15. Трехмерное движение материальной точки:
 - канонические коммутационные соотношения
 - координатное и импульсное представления, их связь
 - нестационарное и стационарное уравнение Шредингера в координатном представлении
 - уравнение непрерывности
16. Момент:
 - определение момента
 - матричные элементы l_z l_- l_+
 - определение скалярного и векторного операторов
 - матричные элементы скалярного оператора A : $\langle l' m' | A | l m \rangle = ?$
17. Сложение моментов:
 - значения суммарного момента, коэффициенты Клебша-Гордона
 - сложение двух спинов $1/2$, явный вид синглетных и триплетных волновых функций
18. Сферически-симметричный потенциал:
 - радиальное уравнение Шредингера
 - граничное условие при $r = 0$
19. Формулы для операторов:
 - $\exp(\hat{A}) \hat{B} \exp(-\hat{A}) = ?$
 - $[\hat{A}, \hat{B}] = \lambda$, $[\hat{A}, f(\hat{B})] = ?$
 - $(\vec{a} \cdot \vec{\sigma})(\vec{b} \cdot \vec{\sigma}) = ?$
 - Матрицы Паули

Часть II

1. Стационарная теория возмущений.
 - Условие применимости.
 - Невырожденный уровень. Поправка к энергии, 1-й и 2-й порядки.
 - Вырожденный уровень. Поправка к энергии, 1-й порядок.
2. Потенциальное рассеяние.
 - Определение амплитуды рассеяния, сечения рассеяния.
 - Амплитуда рассеяния в 1-м Борновском приближении. Условия применимости 1-го Борновского приближения.
 - Парциальные разложения: плоской волны; волновой функции, описывающей рассеяние; амплитуды рассеяния; сечения рассеяния.
 - Условие унитарности для парциальных амплитуд рассеяния.
 - Выражение для парциальной амплитуды рассеяния через фазу рассеяния.
3. Переходы.
 - Представление взаимодействия (Дирака). Уравнения для операторов и волновых функций. Связь с представлениями Шредингера и Гайзенберга.
 - Мгновенный и адиабатический переходы (определение и результат).
 - Золотое правило Ферми (формула и ее физический смысл).
4. Вторичное квантование.
 - Канонические коммутационные соотношения для операторов рождения и уничтожения.
 - Оператор волновой функции.
 - Выражения для одночастичного и двухчастичного операторов.
5. Излучение.
 - Коммутационные соотношения для операторов рождения и уничтожения фотонов.
 - Энергия и импульс поля излучения.
 - Оператор вектор-потенциала.
 - Формула для электрического дипольного излучения.
 - Правила отбора для электрического дипольного излучения.
6. Уравнение Дирака.
 - Уравнение Дирака.
 - Спин и спиральность частицы Дирака.
 - Интерпретация решений свободного уравнения Дирака.