

**Теоретический минимум
для экзамена по квантовой теории (1-й поток)**
(январь 2026 г.)

Часть I

1. Матрица плотности:

- условие нормировки для матрицы плотности $\hat{\rho}$ = ?
- среднее значение наблюдаемой $\langle \hat{A} \rangle$, если система находится в состоянии с матрицей плотности $\hat{\rho}$ = ?
- вероятность пребывания в чистом состоянии $|\psi\rangle$, если система находится в состоянии с матрицей плотности $\hat{\rho}$ = ?
- необходимое и достаточное условие чистоты состояния, если система находится в состоянии с матрицей плотности $\hat{\rho}$ = ?
- связь между $\hat{\rho}$ и волновой функцией $|\psi\rangle$ в этом случае = ?

2. Волновая функция:

- условие нормировки волновой функции $|\psi\rangle$ = ?
- среднее значение наблюдаемой $\langle \hat{A} \rangle$, если система находится в состоянии с волновой функцией $|\psi\rangle$ = ?
- вероятность пребывания в чистом состоянии $|\xi\rangle$, если система находится в состоянии с волновой функцией $|\psi\rangle$ = ?

3. Измерение наблюдаемых:

- Измерение наблюдаемой $\hat{A}$ (ЧДНС): вероятность получить значение a_n , если система находится в состоянии с матрицей плотности $\hat{\rho}$ = ?
- Измерение наблюдаемой $\hat{A}$ (ЧДНС): вероятность получить значение a_m , если система находится в состоянии с волновой функцией $|\psi\rangle$ = ?
- Соотношение неопределенностей для наблюдаемых A и B , если $[A, B] = iC$ = ?

4. Составные системы:

- Выражение для матрицы плотности подсистемы = ?

5. Динамика:

- Уравнение Линдблада = ?
- Уравнение фон Неймана = ?
- Уравнение Гайзенберга для произвольного оператора $\hat{A}$ = ?
- Нестационарное уравнение Шредингера (общий случай) = ?
- Стационарное уравнение Шредингера (общий случай) = ?

6. Одномерное движение материальной точки:

- каноническое коммутационное соотношение $[\hat{x}, \hat{p}]$ = ?
- нестационарное уравнение Шредингера в координатном представлении = ?
- стационарное уравнение Шредингера в координатном представлении = ?
- уравнение непрерывности = ?

7. Гармонический осциллятор:

- $[\hat{a}, \hat{a}^+] = ?$
- $\hat{a}|n\rangle = ?$ $\hat{a}^+|n\rangle = ?$
- уровни энергии $E_n = ?$
- когерентное состояние $|\alpha\rangle$: $\hat{a}|\alpha\rangle = ?$ $\langle \alpha | \hat{a}^+ = ?$

8. Трехмерное движение материальной точки:

- канонические коммутационные соотношения $[\hat{x}_i, \hat{p}_j]$ = ?
- нестационарное уравнение Шредингера в координатном представлении = ?
- уравнение непрерывности = ?

9. Момент:

- определение момента $\hat{J} = ?$
- $\langle J'M'|JM\rangle = ?$ $\hat{J}^2|JM\rangle = ?$ $J_z|JM\rangle = ?$ $J_+|JM\rangle = ?$ $J_-|JM\rangle = ?$
- определение скалярного и векторного операторов $\hat{J} = ?$
- матричные элементы скалярного оператора A : $\langle J'M'|A|JM\rangle = ?$

10. Формулы для операторов:

- $\exp(\hat{A})\hat{B}\exp(-\hat{A}) = ?$
- если $[\hat{A}, \hat{B}] = \lambda$, то $[\hat{A}, f(\hat{B})] = ?$
- явный вид матриц Паули $\sigma_i = ?$
- $(\vec{a} \cdot \vec{\sigma})(\vec{b} \cdot \vec{\sigma}) = ?$

Часть II

1. Стационарная теория возмущений.

- Условие применимости $\epsilon = ?$
- Невырожденный уровень. Поправка к энергии, 1-й и 2-й порядки $E_n^{(1)}, E_n^{(2)} = ?$
- Невырожденный уровень. Поправка к волновой функции, 1-й порядок $\psi_n^{(1)} = ?$
- Вырожденный уровень. Поправка к энергии, 1-й порядок $E_n^{(1)} = ?$

2. Потенциальное рассеяние.

- Амплитуда рассеяния в 1-м Борновском приближении $f(\theta) = ?$
Условия применимости 1-го Борновского приближения $\epsilon = ?$
- Условие унитарности для парциальных амплитуд рассеяния $a_l = ?$
- Выражение для парциальной амплитуды рассеяния через фазу рассеяния $\delta_l = ?$
- Асимптотика для решения радиального уравнения Шредингера в задаче рассеяния $\psi(r) = ?$

3. Переходы.

- Переходы мгновенные и адиабатические: определение и результат $\Gamma = ?$
- Вероятность перехода в первом порядке нестационарной теории возмущений $P_{fi} = ?$
- Золотое правило Ферми $\Gamma = ?$

4. Вторичное квантование.

- Канонические коммутационные соотношения для операторов рождения и уничтожения $[a, a^\dagger] = ?$
- Оператор волновой функции $\hat{\Psi} = ?$
- Выражения для одночастичного и двухчастичного операторов $\hat{H} = ?$

5. Излучение.

- Коммутационные соотношения для операторов рождения и уничтожения фотонов $[a, a^\dagger] = ?$
- Энергия и импульс поля излучения $H, \vec{P} = ?$
- Оператор вектор-потенциала $\vec{A} = ?$
- Формула для электрического дипольного излучения $\Gamma = ?$

6. Уравнение Дирака.

- Уравнение Дирака $\hat{H}\psi = ?$