

**Теоретический минимум**  
**для экзамена по квантовой теории (1-й поток)**  
(январь 2021 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 наблюдаемой  $\hat{A}$  (чисто дискретный невырожденный спектр):

- вероятность получить значение  $a_i$ , если система находится в состоянии с матрицей плотности  $\hat{\rho}$  = ?
- вероятность получить значение  $a_i$ , если система находится в состоянии с волновой функцией  $|\psi\rangle$  = ?

4. Составные системы:

- выражение для матрицы плотности подсистемы = ?

5. Динамика:

- 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 = ?
- $\langle \ell' m' | \ell m \rangle = ?$       $\vec{\ell}^2 | \ell m \rangle = ?$       $\ell_z | \ell m \rangle = ?$       $\ell_+ | \ell m \rangle = ?$       $\ell_- | \ell m \rangle = ?$
- определение скалярного и векторного операторов = ?

- матричные элементы скалярного оператора  $A$ :  $\langle \ell' m' | A | \ell m \rangle = ?$

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  $= ?$
- Невырожденный уровень. Поправка к энергии, 1-й и 2-й порядки  $= ?$
- Невырожденный уровень. Поправка к волновой функции, 1-й порядок  $= ?$
- Вырожденный уровень. Поправка к энергии, 1-й порядок  $= ?$

2. Потенциальное рассеяние.

- Амплитуда рассеяния в 1-м Борновском приближении  $= ?$
- Условия применимости 1-го Борновского приближения  $= ?$
- Условие унитарности для парциальных амплитуд рассеяния  $= ?$
- Выражение для парциальной амплитуды рассеяния через фазу рассеяния  $= ?$
- Асимптотика для решения радиального уравнения Шредингера в задаче рассеяния  $= ?$

3. Переходы.

- Переходы мгновенные и адиабатические: определение и результат  $= ?$
- Вероятность перехода в первом порядке нестационарной теории возмущений  $= ?$
- Уравнение эволюции волновой функции в представлении взаимодействия  $= ?$
- Золотое правило Ферми  $= ?$

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  $= ?$

6. Уравнение Дирака.

- Уравнение Дирака  $= ?$