

**Теоретический минимум**  
**для экзамена по квантовой теории (1-й поток)**  
(январь 2012 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 спектр) в состоянии  $\hat{\rho}$ :
  - 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 = ?
  - $\langle l'_m | l_m \rangle = ?$      $\langle \vec{l}^2 | l_m \rangle = ?$      $\langle l_z | l_m \rangle = ?$      $\langle l_+ | l_m \rangle = ?$      $\langle l_- | l_m \rangle = ?$
  - определение скалярного и векторного операторов = ?
  - матричные элементы скалярного оператора  $A$ :     $\langle l'_m | A | l_m \rangle = ?$
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 = ?
  - Вырожденный уровень. Поправка к энергии, 1-й порядок = ?

2. Потенциальное рассеяние.

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

3. Переходы.

- Уравнение эволюции волновой функции в представлении взаимодействия (Дирака)  $i\hbar \frac{d}{dt} \psi = H' \psi = ?$
- Золотое правило Ферми  $\Gamma = ?$

4. Излучение.

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

5. Уравнение Дирака.

- Уравнение Дирака  $(\hat{\alpha} \cdot \hat{p} + \hat{\beta} m c^2) \psi = E \psi = ?$