

Список вопросов по квантовой механике на 3 (формулы наизусть, а также пояснение каждой буквы, входящей в формулу, комментарии к формуле)

1. Дано состояние $|\Psi\rangle = \alpha|A_1\rangle + \beta|A_2\rangle + \gamma|A_3\rangle$. Чему равна вероятность измерить систему в состоянии $|A_2\rangle$?
2. Дано состояние $|\Psi\rangle = \alpha|A_1\rangle + \beta|A_2\rangle + \gamma|A_3\rangle$. Величина A в состоянии $|A_1\rangle$ имеет значение a_1 , в состоянии $|A_2\rangle$ имеет значение a_2 , в состоянии $|A_3\rangle$ имеет значение a_3 . Чему равно среднее значение величины A в состоянии $|\Psi\rangle$?
3. Дано двухчастичное состояние $|u_1\rangle \otimes |v_1\rangle + |u_2\rangle \otimes |v_2\rangle$, где u_1, u_2 – состояния первой частицы, v_1, v_2 – второй. Какие комбинации состояний первой и второй частицы можно найти в эксперименте?
4. Определение эрмитового оператора.
5. Что такое собственные значения и собственные функции оператора? Какой физический смысл собственных значений оператора физической величины?
6. Оператор импульса в трехмерном пространстве

$$\hat{\mathbf{p}} = -i\hbar\nabla.$$

7. Оператор координаты в импульсном представлении

$$\hat{x} = i\hbar \frac{\partial}{\partial p}.$$

8. Определение коммутатора операторов. Чему равен коммутаторы $[\hat{x}, \hat{p}_x]$ и $[\hat{y}, \hat{p}_x]$? Физический смысл коммутируемости операторов физических величин.
9. Соотношение неопределенности Гейзенберга. Его физический смысл.

$$\delta p \delta x \geq \frac{\hbar}{2}.$$

10. Физический смысл волновой функции.
11. Стационарное уравнение Шредингера

$$\hat{H}\psi = E\psi \quad . \quad \text{Здесь, } \psi \text{ – волновая функция, } E \text{ – энергия частицы, } \hat{H} \text{ – гамильтониан.}$$

12. Нестационарное уравнение Шредингера.
13. Что такое стационарные состояния? Какой их физический смысл?
14. Волновая функция частицы равна $\Psi(x)$, \hat{A} – оператор измеряемой величины.
Записать выражение для среднего значения величины A .
15. Гамильтониан частицы в одномерном потенциальном поле:

$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + U(x)$, где \hat{p} – оператор импульса, а $U(x)$ – оператор потенциальной энергии.

16. Постановка задачи описания системы в квантовой механике: схема решения обычных задач в КМ (например, частица в потенциальной яме):

Запись УШ. Его решение, нахождения значений энергий, при которых решения УШ удовлетворяют граничным условиям – например ограниченности ВФ на бесконечности. Эта процедура даёт стационарные состояния и энергетический спектр частицы.

17. Структура энергетических уровней в различных потенциалах. Привести пример. Туннелирование и отражение при падении на барьер.

В локализирующих потенциалах дискретные уровни.
В нелокализирующих – сплошной спектр.

18. Формулировка осцилляционной теоремы.

19. Волновая функция одномерной свободной частицы (ненормированная):

$$\psi(x) = e^{ipx/\hbar}, \text{ где } p \text{ – импульс частицы.}$$

20. Плотность потока вероятности частиц:

$$\mathbf{j} = \frac{i\hbar}{2m} (\nabla \psi^* \psi - \psi^* \nabla \psi).$$

21. Записать гамильтониан квантового осциллятора.

22. Уровни энергии одномерного осциллятора

$$E_n = \hbar\omega \cdot \left(n + \frac{1}{2} \right).$$

23. Определение повышающего и понижающего оператора для осциллятора:

$$\hat{a}^+ |n\rangle = \sqrt{n+1} |n+1\rangle$$

$$\hat{a} |n\rangle = \sqrt{n} |n-1\rangle$$

24. Оператор проекции момента импульса на ось z:

$$l_z = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \varphi}, \text{ где } \varphi \text{ – азимутальный угол в сферических координатах.}$$

25. Собственные значения оператора проекции момента импульса на ось z

26. Какие характеристики момента импульса могут быть измерены одновременно?
 27. Кооммутаторы проекции момента импульса. Чему равен коммутатор $[l_x, l_y]$?
 28. Собственные значения оператора квадрата момента импульса:

$\hbar^2 l(l+1)$, где l – целое; l – модуль максимального собственного значения оператора проекции момента \hat{l}_z .

29. Уравнение Шредингера в сферически-симметричных координатах для радиальной части волновой функции R :

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \chi'' + \left[\frac{\hbar^2 l(l+1)}{2m} + U(r) \right] \chi = E \chi,$$

$$R(r) = \frac{\chi(r)}{r}$$

30. Уровни энергии атома водорода в атомных единицах:

$$E_n = -\frac{1}{2n^2}$$

31. Структура уровней частицы в кулоновском потенциале. Физический смысл соответствующих квантовых чисел:

Кратность вырождения уровня n равна n^2 . Энергия не зависит от орбитального числа l (максимальная проекция момента импульса), которое может принимать значения от 0 до $(n-1)$. Магнитное квантовое число может принимать значения от $-l$ до l .

32. Выражение для первой поправки к энергии n -го невырожденного состояния в теории возмущений.

$$E_n^{(1)} = V_{nn}$$

33. Матрицы Паули. Их физический смысл.
 34. Коммутаторы матриц Паули. Их физический смысл.
 35. Что такое синглетное и триплетное состояния?
 36. Что такое бозоны и фермионы?
 37. Волновая функция двух тождественных бозонов (без учёта спина).
 38. Волновая функция двух тождественных фермионов (без учёта спина).