

Федеральное агентство по образованию
Московский инженерно-физический институт
(государственный университет)

**С.В. Ивлиев, В.В. Косачев, А.И. Кузовлев,
С.Е. Муравьев**

Сборник тестовых задач по квантовой механике

Рекомендовано УМО «Ядерная физика
и технологии» в качестве учебного пособия
для высших учебных заведений

Москва 2008

УДК 530.145(076)

ББК 22.314я7

С 23

Сборник тестовых задач по квантовой механике / С.В. Ивлиев, В.В. Косачев, А.И. Кузовлев, С.Е. Муравьев. М.: МИФИ, 2008. – 264 с.

В пособии собраны более тысячи задач-тестов по всем основным разделам квантовой механики. Все задачи посвящены основным физическим принципам и идеям квантовой механики и, как правило, не требуют для решения сложных вычислений. К каждой задаче даются четыре варианта ответа, один из которых (в некоторых случаях два) - правильный. Такая форма заданий позволяет лучше «почувствовать» логику квантовой механики, легко себя в этом проконтролировать, но, конечно, не заменит изучения более серьезных руководств.

Пособие предназначено для студентов старших курсов физических специальностей университетов. Может быть также использовано преподавателями квантовой механики для быстрого и эффективного контроля знаний студентов.

Пособие подготовлено в рамках Инновационной образовательной программы МИФИ

Рецензент канд. физ.-мат. наук, доц. Е.Е. Городничев

ISBN 978-5-7262-0967-8

© Московский инженерно-физический институт
(государственный университет), 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ.....	7
1.1. Математические основы квантовой механики.....	7
1.2. Общие свойства собственных функций и собственных значений операторов физических величин.....	15
1.3. Координата и импульс. Различные представления волновой функции.....	24
1.4. Зависимость физических величин от времени. Уравнение Шредингера.....	33
ГЛАВА 2. ОДНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	41
2.1. Общие свойства одномерного движения.....	41
2.2. Бесконечно глубокая одномерная прямоугольная потенциальная яма.....	50
2.3. Гармонический осциллятор.....	59
2.4. Непрерывный спектр. Прохождение через барьеры.....	68
ГЛАВА 3. МОМЕНТ ИМПУЛЬСА.....	78
3.1. Общие свойства момента импульса.....	78
3.2. Свойства собственных значений и собственных функций операторов момента импульса.....	86
ГЛАВА 4. ТРЕХМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	98
4.1. Общие свойства трехмерного движения.....	98

4.2. Сферический осциллятор, кулоновский потенциал и бесконечно глубокая сферическая потенциальная яма.....	107
ГЛАВА 5. СПИН	116
ГЛАВА 6. КВАЗИКЛАССИЧЕСКОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ.....	130
ГЛАВА 7. ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ.....	142
7.1. Теория возмущений без вырождения.....	142
7.2. Теория возмущений при наличии вырождения	156
ГЛАВА 8. КВАНТОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ.....	173
8.1. Теория нестационарных возмущений.....	173
8.2. Переходы под действием периодических и внезапных возмущений.....	188
ГЛАВА 9. СИСТЕМЫ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ЧАСТИЦ.....	199
9.1. Перестановочная симметрия волновой функции систем тождественных частиц.....	199
9.2. Метод вторичного квантования.....	209
ГЛАВА 10. ЗАДАЧА РАССЕЯНИЯ.....	222
10.1. Задача рассеяния. Постановка и принципы решения.....	222
10.2. Борновское приближение и фазовая теория рассеяния.....	230
ОТВЕТЫ.....	241

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем учебном пособии собраны более тысячи *тестовых задач* по всем основным разделам стандартного курса квантовой механики. Как правило, эти задачи не требуют для своего решения сложных математических выкладок; достаточно понимания основных идей, принципов и знания минимального количества формул. К каждой задаче даются четыре варианта ответа, из которых один (в очень небольшом количестве случаев – два) является правильным.

Несколько слов о том, *зачем нужны такие задачи*. При преподавании теоретической физики в наших вузах тестовые задачи используются редко. Считается, что уровень знаний студента точнее раскрывается в устном ответе, при решении сложной задачи, когда необходимо обосновать решение, а никак не при выборе одного варианта ответа из ряда данных, который к тому же можно просто угадать. При обучении полезней разобраться с решением одной сложной задачи, чем сделать десять простых. В целом, эти утверждения правильны, однако, представляется, что у *тестовых задач* по квантовой механике есть своя «ниша».

Во-первых, *по существу*. Поскольку самым сложным при первом знакомстве с квантовой механикой является изучение ее логики и языка, то включение в педагогический арсенал большого количества вопросов и задач, требующих минимального количества вычислений и допускающих быструю проверку на уровне «правильно – не правильно» (то есть тестовых), является очень плодотворным. Таким образом, *тестовая система задач по квантовой механике* позволяет почувствовать логику и язык этой дисциплины, не «заслоняя» их громоздкими вычислениями, характерными для традиционных задач.

Во-вторых, *по форме организации* учебного процесса. С помощью тестовых задач можно осуществлять текущий контроль знаний студентов, обеспечивая постоянный контроль и «давление» на студентов в процессе учебы. Тестовые задачи позволяют проводить письменные контрольные опросы со стопроцентным охватом аудитории и с меньшими временными затратами, чем при устном контрольном опросе. При этом, если тестовое задание

включает в себя четыре-пять задач, можно не бояться случайного угадывания студентами правильного ответа. Таким образом, *тестовая система контрольных и отчетных мероприятий* может стать эффективным механизмом, стимулирующим текущую работу студентов.

Кроме того, тестовые задачи легко «встраиваются» в современные компьютерные технологии, в том числе и технологии дистанционного образования, а также могут являться средством самоконтроля.

Авторы благодарят С.П.Гореславского и О.А.Румянцева, которые прочитали ряд глав рукописи этой книги и сделали полезные замечания. Авторы благодарны также студентам студенческих групп Т5-21 и Т5-31 факультета Экспериментальной и теоретической физики МИФИ (осенний семестр 2007-08 учебного года), на примере которых определялись принципы подбора задач, подбирались и *тестировались* предлагаемые *тестовые задачи*, и которые с переменным успехом, но выдержали эту процедуру.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

1.1. Математические основы квантовой механики

1. Оператор $\hat{A}$, действующий в некотором линейном пространстве, является линейным, если для любых элементов ψ_1 и ψ_2 этого пространства имеет место равенство:

А. $\hat{A}\beta\psi_1 = \beta\hat{A}\psi_1$ Б. $\hat{A}(\alpha\psi_1 + \beta\psi_2) = \alpha\hat{A}\psi_1 + \beta\hat{A}\psi_2$

В. $\hat{A}\beta\psi_2 = \alpha\hat{A}\psi_1$ В. $\hat{A}(\alpha\psi_1 + \beta\psi_2) = \beta\hat{A}\psi_1 + \alpha\hat{A}\psi_2$

(α и β - произвольные комплексные числа).

2. Оператор $\hat{A}$, действующий в некотором линейном пространстве, является эрмитовым, если для любых элементов ψ_1 и ψ_2 этого пространства имеет место равенство:

А. $(\hat{A}\psi_1, \psi_2) = (\psi_2, \hat{A}\psi_1)$ Б. $(\hat{A}\psi_1, \psi_2)^* = (\psi_1, \hat{A}\psi_2)$

В. $(\hat{A}\psi_1, \psi_2) = (\psi_1, \hat{A}\psi_2)$ Г. $(\hat{A}\psi_1, \psi_2)^* = (\psi_2, \hat{A}\psi_1)$,

где $(\dots, \dots)$ – скалярное произведение элементов пространства.

3. Какой формулой принято определять скалярное произведение элементов, входящих в линейное пространство комплексных функций одной переменной и определенных на интервале $[a, b]$?

А. $(\psi_1, \psi_2) = \int_a^b \psi_1^*(x)\psi_2(x)dx$ Б. $(\psi_1, \psi_2) = \int_a^b \psi_1(x)\psi_2^*(x)dx$

В. $(\psi_1, \psi_2) = \int_a^b \psi_1^*(x)\psi_2^*(x)dx$ Г. $(\psi_1, \psi_2) = \int_a^b \psi_1(x)\psi_2(x)dx$

4. В линейном пространстве комплексных функций одной переменной выбран дискретный ортонормированный базис. Две функции $\psi_1(x)$ и $\psi_2(x)$ заданы своими координатами в этом базисе $\{c_i\}$ и $\{d_i\}$ соответственно. Как скалярное произведение (ψ_1, ψ_2) выражается через координаты функций?

$$\text{A. } (\psi_1, \psi_2) = \sum_i c_i^* d_i^*$$

$$\text{Б. } (\psi_1, \psi_2) = \sum_i c_i d_i^*$$

$$\text{B. } (\psi_1, \psi_2) = \sum_i c_i^* d_i$$

$$\text{Г. } (\psi_1, \psi_2) = \sum_i c_i d_i$$

5. Какой формулой правильно выражается перестановочное свойство скалярного произведения двух произвольных элементов линейного пространства?

$$\text{A. } (\psi_1, \psi_2) = (\psi_2, \psi_1)$$

$$\text{Б. } (\psi_1, \psi_2) = (\psi_2, \psi_1)^*$$

$$\text{B. } (\psi_1, \psi_2) = -(\psi_2, \psi_1)$$

$$\text{Г. } (\psi_1, \psi_2) = -(\psi_2, \psi_1)^*$$

6. Какой из ниже перечисленных операторов, действующих в линейном пространстве дифференцируемых функций одной переменной, не является линейным?

А. дифференцирования

Б. четности

В. возведения в квадрат

Г. умножения на функцию

$f(x)$

7. Какой из перечисленных операторов, действующих в линейном пространстве комплексных функций одной переменной, является линейным?

А. комплексного сопряжения

Б. вычисления действительной части

В. возведения в квадрат по модулю

Г. никакой из перечисленных

8. Оператор $\hat{A}^+$, действующий в некотором линейном пространстве, является эрмитово сопряженным оператору $\hat{A}$, если для любых элементов ψ_1 и ψ_2 этого пространства имеет место равенство:

$$\text{A. } \hat{A}\psi_1 = \hat{A}^+\psi_2$$

$$\text{Б. } (\hat{A}\psi_1, \psi_2) = (\psi_1, \hat{A}^+\psi_2)$$

$$\text{B. } \hat{A}\psi_1\psi_2 = \hat{A}^+\psi_2\psi_1$$

$$\text{Г. } (\hat{A}\psi_1, \psi_2) = (\psi_2, \hat{A}^+\psi_1),$$

где $(\dots, \dots)$ – скалярное произведение элементов пространства.

9. Какая функция получится в результате действия произведения операторов дифференцирования d/dx и возведения в квадрат $\hat{S}$ (то есть оператора $\frac{d}{dx}\hat{S}$) на функцию e^{-x} ?

А. $-2e^{2x}$

Б. $2e^{2x}$

В. $-2e^{-2x}$

Г. $2xe^{x^2}$

10. Какая функция получится в результате действия произведения операторов возведения в квадрат $\hat{S}$ и дифференцирования d/dx (то есть оператора $\hat{S}\frac{d}{dx}$) на функцию e^{-x} ?

А. e^{-2x}

Б. e^{-x^2}

В. e^{2x}

Г. e^{x^2}

11. Операторы $\hat{A}$ и $\hat{B}$, действующие в некотором линейном пространстве, коммутируют, если для любого элемента этого пространства ψ имеет место равенство:

А. $\hat{A}\hat{B}\psi = \hat{B}\hat{A}\psi$

Б. $(\hat{A}\psi, \psi) = (\psi, \hat{B}\psi)$

В. $\hat{A}\psi = \hat{B}^+\psi$

Г. $\hat{A}\psi = \hat{B}\psi$,

где $(\dots, \dots)$ – скалярное произведение элементов пространства.

12. Для любого эрмитового оператора $\hat{A}$, действующего в некотором линейном пространстве, можно выбрать такой базис, в котором матрица оператора $\hat{A}$ является

А. единичной

Б. нулевой

В. антисимметричной

Г. диагональной

13. Собственные значения любого эрмитового оператора

А. положительны

Б отрицательны

В. вещественны

Г. чисто мнимы

14. Собственные функции эрмитового оператора, отвечающие различным собственным значениям,

А. ортогональны

Б. отличаются числовым множителем

В. совпадают

Г. комплексно сопряжены по отношению друг к другу

15. Собственное значение оператора вырождено, если

- А. этому значению отвечает одна собственная функция
- Б. этому значению отвечает две или более линейно независимых собственных функции
- В. это значение равно нулю
- Г. это значение не равно нулю

16. Если эрмитовы операторы $\hat{A}$ и $\hat{B}$ коммутируют, то

- А. любая собственная функция одного из операторов является также собственной функцией другого оператора
- Б. операторы не имеют общих собственных функций
- В. операторы имеют общие собственные функции, число которых меньше размерности пространства, в котором действуют эти операторы
- Г. эти два оператора имеют полную систему общих собственных функций

17. Оператору, действующему в двумерном линейном пространстве, при некотором выборе базиса отвечает матрица $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$. Какая

функция получится при действии этого оператора на функцию, имеющую в данном базисе координаты 1 и 2 («1» – первая координата, «2» – вторая)?

- А. нулевая функция
- Б. функция с координатами 1,5 и 7
- В. функция с координатами 5 и 11
- Г. функция с координатами 5 и 12

18. Какая из четырех матриц является матрицей эрмитового оператора?

- А. $\begin{pmatrix} 1 & i \\ i & 2 \end{pmatrix}$
- Б. $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2-i \end{pmatrix}$
- В. $\begin{pmatrix} 1 & i \\ -i & 2 \end{pmatrix}$
- Г. $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$

19. Какая из четырех матриц не является матрицей эрмитового оператора?

- А. $\begin{pmatrix} 1 & 1-i \\ 2+i & 2 \end{pmatrix}$
- Б. $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}$
- В. $\begin{pmatrix} 2 & 5+2i \\ 5-2i & 0 \end{pmatrix}$
- Г. $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$

20. Сколько собственных значений имеет оператор, заданный матрицей $\begin{pmatrix} 1 & i \\ -i & 2 \end{pmatrix}$?

А. одно Б. два В. три Г. четыре

21. Оператором, обратным оператору четности, является

А. оператор четности

Б. оператор однократного дифференцирования

В. оператор возведения в квадрат

Г. оператор двукратного дифференцирования.

22. Чему равны собственные значения оператора, заданного матрицей $\begin{pmatrix} 0 & i \\ -i & 0 \end{pmatrix}$?

А. +1 и -1

Б. 0 и 1

В. 0 и -1

Г. -i и +i

23. Оператор id/dx , действующий в пространстве функций, заданных на интервале $(-\infty, +\infty)$, в котором определено скалярное произведение, является

А. эрмитовым

Б. унитарным

В. совпадающим со своим обратным

Г. нелинейным

24. Коммутатор операторов d/dx и умножения на функцию $f(x)$ равен

А. оператору d/dx

Б. оператору умножения на функцию $f(x)$

В. оператору умножения на функцию $f'(x)$

Г. оператору d^2/dx^2

25. Коммутатор операторов четности $\hat{P}$ и умножения на функцию $f(x)$ равен

А. оператору $\hat{P}$

Б. оператору $f(x)\hat{P}$

В. оператору $f(-x)\hat{P}$

Г. оператору $[f(-x) - f(x)]\hat{P}$

26. Спектр собственных значений оператора является дискретным. Это значит, что

А. оператор имеет бесконечное количество собственных значений

Б. оператор имеет бесконечное количество положительных собственных значений

В. собственные значения можно пересчитать, даже если их число бесконечно

Г. собственным значением является любое число из некоторого интервала значений

27. Спектр собственных значений оператора является непрерывным. Это значит, что

А. оператор не имеет собственных значений

Б. оператор имеет конечное число собственных значений

В. оператор имеет бесконечное число собственных значений, которые можно пересчитать

Г. собственным значением является любое число из некоторого интервала значений

28. Что такое шпур матрицы оператора?

А. сумма всех элементов его матрицы

Б. сумма всех элементов, находящихся в матрице этого оператора выше главной диагонали

В. сумма всех элементов, находящихся в матрице этого оператора ниже главной диагонали

Г. сумма всех диагональных элементов матрицы этого оператора

29. Оператор задан матрицей $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 4 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$. Чему равна сумма всех

собственных значений этого оператора?

А. 1

Б. 3

В. 5

Г. 9

30. Произведение операторов d/dx и d^2/dx^2 на произвольную функцию $f(x)$ действует так:

А. $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} \frac{df(x)}{dx}$

Б. $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} + \frac{df(x)}{dx}$

В. $\frac{d^3 f(x)}{dx^3}$

Г. $\frac{d^4 f(x)}{dx^4}$

31. Сумма операторов d/dx и d^2/dx^2 на произвольную функцию $f(x)$ действует так:

А. $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} \frac{df(x)}{dx}$ Б. $\frac{d^2 f(x)}{dx^2} + \frac{df(x)}{dx}$

В. $\frac{d^3 f(x)}{dx^3}$ Г. $\frac{d^4 f(x)}{dx^4}$

32. Чему равен оператор $(\hat{A}\hat{B})^+$?

А. $\hat{A}^+ \hat{B}^+$ Б. $\hat{A}^+ + \hat{B}^+$ В. $\hat{A}^+ - \hat{B}^+$ Г. $\hat{B}^+ \hat{A}^+$

33. Чему равен оператор $(\hat{A}\hat{B})^{-1}$?

А. $\hat{A}^{-1} \hat{B}^{-1}$ Б. $\hat{A}^{-1} + \hat{B}^{-1}$ В. $\hat{A}^{-1} - \hat{B}^{-1}$ Г. $\hat{B}^{-1} \hat{A}^{-1}$

34. Чему равна функция $\delta(ax)$ (где $\delta(\dots)$ – δ -функция, a – некоторое действительное число)?

А. $a\delta(x)$ Б. $\frac{1}{a}\delta(x)$ В. $|a|\delta(x)$ Г. $\frac{1}{|a|}\delta(x)$

35. Чему равен оператор $(\hat{A}^+)^+$?

А. $\hat{A}$ Б. $\hat{A}^{++}$ В. $\hat{A}^{+2}$ Г. $\hat{A}^{-1}$

36. Привести матрицу оператора к диагональному виду значит

А. заменить элементы, находящиеся не на главной диагонали, нулями

Б. выбрать другой базис, в котором матрица оператора кратна единичной матрице

В. выбрать другой базис, в котором матрица оператора равна единичной матрице

Г. выбрать другой базис, в котором матрица оператора диагональна

37. Если в качестве базиса в линейном пространстве выбрать собственные функции некоторого эрмитового оператора, то его матрица

А. равна единичной матрице

Б. кратна единичной матрице

В. диагональная

Г. нулевая

38. Почему матрицу любого эрмитового оператора можно привести к диагональному виду?

А. потому что его собственные значения вещественны

Б. потому что его собственные функции ортогональны

В. потому что его собственные функции образуют ортогональный базис в том пространстве, в котором оператор действует

Г. потому что операторы физических величин эрмитовы

39. Пусть $f_1(x)$ и $f_2(x)$ – собственные функции некоторого линейного оператора, отвечающие собственным значениям a_1 и a_2 .

Функция $C_1 f_1(x) + C_2 f_2(x)$ (C_1 и C_2 – произвольные числа)

А. будет собственной функцией того же оператора

Б. будет собственной функцией того же оператора, если $a_1 = a_2$

В. никогда не будет собственной функцией того же оператора

Г. будет тождественно равна нулю

40. В некотором линейном пространстве выбран ортонормированный базис $\{f_i\}$. Какой формулой определяются матричные элементы

матрицы некоторого линейного оператора $\hat{A}$, действующего в этом пространстве?

А. $a_{kn} = (f_k, \hat{A}f_n)$

Б. $a_{kn} = (f_k, \hat{A}^+ f_n)^*$

В. $a_{kn} = (\hat{A}f_k, f_n)$

Г. $a_{kn} = (\hat{A}^+ f_k, f_n)^*$

41. Пусть в некотором линейном пространстве выбраны два ортонормированных базиса $\{f_i\}$ и $\{e_i\}$. Матрицей перехода от одного базиса к другому называется матрица S_{ki} , составленная из коэффициентов разложения одной базисной системы по другой:

$$f_i = \sum_k S_{ki} e_k. \text{ Матрица } S_{ki}$$

А. эрмитова

Б. унитарна

В. совпадает со своей обратной

Г. диагональна

42. Оператор $\hat{A}$, действующий в некотором линейном пространстве, является унитарным, если

А. $\hat{A} = \hat{A}^+$

Б. $\hat{A} = (\hat{A}^+)^+$

В. $\hat{A} = \hat{A}^{-1}$

Г. $\hat{A}^+ = \hat{A}^{-1}$

43. Пусть для любых двух элементов f_1 и f_2 линейного пространства и некоторого оператора $\hat{A}$, действующего в этом простран-

ве, выполнено условие $(f_1, f_2) = (\hat{A}f_1, \hat{A}f_2)$ (в этом случае говорят, что оператор $\hat{A}$ сохраняет скалярное произведение элементов пространства). Какое свойство оператора $\hat{A}$ обязательно имеет место?

А. он нелинейный

Б. он эрмитов

В. он унитарный

Г. он совпадает со своим обратным

44. Для любых двух элементов f_1 и f_2 линейного пространства и некоторого оператора $\hat{A}$, действующего в этом пространстве, выполнено условие $(f_1, f_2) = (\hat{A}^+ f_1, \hat{A}f_2)$. Какое свойство оператора $\hat{A}$ обязательно имеет место?

А. он нелинейный

Б. он эрмитов

В. он унитарный

Г. он совпадает со своим обратным

45. Собственные значения унитарного оператора

А. действительны

Б. чисто мнимы

В. квадраты их модулей равны 1

Г. все равны 1

46. Какая из величин, составленных из элементов матрицы оператора является инвариантной относительно выбора базиса в том пространстве, в котором оператор действует?

А. сумма всех матричных элементов

Б. шпур (сумма всех диагональных элементов)

В. разность элементов, стоящих в матрице выше и ниже диагонали

Г. элемент, стоящий на пересечении первой строки и первого столбца

1.2. Общие свойства собственных функций и собственных значений операторов физических величин

47. Система находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\Psi(x, t)$. Разложение этой функции по нормированным собственным функциям $f_n(x)$ оператора физической величины $\hat{A}$, обладающего дискретным спектром собственных значений a_n , имеет вид: $\Psi(x, t) = \sum C_n(t) f_n(x)$. Пусть каждому собственному значению a_n отвечает единственная собственная функция $f_n(x)$.

Б. $|\Psi(\vec{r}, t)|^2 dt$ есть вероятность обнаружить частицу в точке $\vec{r}$ в интервале времени $(t, t + dt)$

В. $|\Psi(\vec{r}, t)|^2 dVdt$ есть вероятность обнаружить частицу в интервале времени $(t, t + dt)$ в объеме dV в окрестности точки $\vec{r}$

Г. все утверждения неправильны

51. Как определяется оператор четности $\hat{P}$, действующий в пространстве функций одной переменной?

А. $\hat{P}f(x) = -f(x)$

Б. $\hat{P}f(x) = f(-x)$

В. $\hat{P}f(x) = (-1)^\alpha f(-x)$, где α – некоторое число

Г. $\hat{P}f(x) = -f(-x)$

52. Собственными значениями оператора четности являются

А. все четные целые числа

Б. все нечетные целые числа

В. +1 и -1

Г. 0 и 1

53. Собственными функциями оператора четности являются

А. все четные функции и только они

Б. все нечетные функции и только они

В. все четные функции (отвечают собственному значению +1) и все нечетные функции (отвечают собственному значению -1)

Г. все четные функции (отвечают собственному значению -1) и все нечетные функции (отвечают собственному значению +1)

54. Квантовая система описывается нормированной волновой функцией $\Psi(x, t)$. Физической величине A отвечает оператор $\hat{A}$.

По какой формуле из нижеследующих формул можно вычислить среднее значение результатов многих измерений величины A над ансамблем таких квантовых систем?

А. $\int \Psi^*(x, t) \hat{A} \Psi(x, t) dx$

Б. $\int \hat{A} |\Psi(x, t)|^2 dx$

В. $\int |\Psi(x, t)|^2 \hat{A} dx$

Г. $\hat{A} \int |\Psi(x, t)|^2 dx$

55. Волновая функция квантовой системы имеет вид $\sin x + \cos x$ ($-1 < x < 1$). Чему равна средняя четность этого состояния?

А. +1

Б. -1

В. 0

Г. среднюю четность в этом состоянии нельзя определить

56. Пространство состояний частицы представляет собой пространство функций одной переменной, определенных на отрезке $[-a, a]$. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\psi(x)$. Известно, что $\int_{-a}^a \psi^*(-x)\psi(x)dx = \alpha$. Чему равна средняя четность рассматриваемого состояния?

А. $\overline{P} = \alpha$ Б. $\overline{P} = -\alpha$ В. $\overline{P} = \alpha/2$ Г. $\overline{P} = -\alpha/2$

57. Что означает, что физическая величина A имеет в некотором состоянии квантовой системы определенное значение (или, как иногда говорят, является измеримой)?

А. результаты многократных измерений величины A над ансамблем таких квантовых систем дадут одинаковые результаты

Б. в данном состоянии квантовой системы величину A можно измерить

В. результаты повторных измерений величины A в одной и той же квантовой системе дадут одинаковые результаты

Г. величину A в принципе можно измерить

58. Физическая величина A имеет в состоянии с волновой функцией $\Psi(x, t)$ определенное значение, если

А. Ψ не зависит от времени

Б. $\Psi(x, t)$ совпадает с одной из собственных функций оператора этой физической величины $\hat{A}$

В. $\Psi(x, t)$ является собственной функцией оператора Гамильтона системы

Г. Ψ не зависит от координат

59. Оператор некоторой физической величины имеет непрерывный спектр собственных значений. Интеграл от квадрата модуля собственной функции

А. сходится

Б. расходится

В. для некоторых состояний сходится, для некоторых расходится

Г. это не связанные друг с другом вещи

60. Оператор некоторой физической величины имеет дискретный спектр собственных значений. Интеграл от квадрата модуля собственной функции

А. сходится

Б. расходится

В. для некоторых состояний сходится, для некоторых расходится

Г. это не связанные друг с другом вещи

61. Эрмитов оператор действует в линейном пространстве функций одной переменной. Какой формулой выражается условие ортогональности собственных функций $f_1(x)$ и $f_2(x)$, отвечающих разным собственным значениям?

А. $f_1(x) \perp f_2(x)$

Б. $\int f_1^*(x) f_2(x) dx = 0$

В. $\int f_1(x) f_2(x) dx = 0$

Г. $\int f_1^*(x) f_2^*(x) x dx = 0$

62. Разные собственные функции эрмитового оператора, отвечающие одному и тому же вырожденному собственному значению

А. всегда ортогональны

Б. всегда не ортогональны

В. вообще говоря, не ортогональны, но могут быть выбраны так, чтобы были ортогональны

Г. ортогональность или неортогональность зависит от оператора

63. Какой формулой выражается условие нормировки собственных функций $f_a(x)$ оператора физической величины, имеющего непрерывный спектр собственных значений a ?

А. $\int |f_a(x)|^2 dx = 1$

Б. $\int f_a^*(x) f_{a'}(x) dx = \delta(a - a')$

В. $\int f_a^*(x) f_{a'}(x') da = \delta(x - x')$

Г. $\int |f_a(x)|^2 da = 1$

(где $\delta(\dots)$ – δ -функция)

64. Какой формулой выражается условие нормировки собственных функций $f_n(x)$ оператора физической величины, имеющего дискретный спектр собственных значений?

А. $\int |f_n(x)|^2 dx = 1$

Б. $\int f_n^*(x) f_{n'}(x) dx = \delta(n - n')$

В. $\sum_n f_n^*(x) f_n(x') = \delta(x - x')$

Г. $\int |f_n(x)|^2 dn = 1$

(где $\delta(\dots)$ – δ -функция)

65. Какой формулой выражается условие полноты системы собственных функций $f_a(x)$ оператора физической величины, имеющего непрерывный спектр собственных значений

А. $\int |f_a(x)|^2 dx = 1$

Б. $\int f_a^*(x) f_{a'}(x) dx = \delta(a - a')$

В. $\int f_a^*(x) f_a(x') da = \delta(x - x')$

Г. $\int |f_a(x)|^2 da = 1$

(где $\delta(\dots)$ – δ -функция)

66. Оператор некоторой физической величины A имеет различные собственные значения a_n и отвечающие им нормированные собственные функции $f_n(x)$. Какой должна быть нормированная волновая функция $\psi(x)$ квантовой системы, чтобы при измерении физической величины A в ней с единичной вероятностью можно было обнаружить значение $(a_1 + a_2)/2$?

А. $\psi(x) = (f_1(x) + f_2(x))/\sqrt{2}$

Б. $\psi(x) = (f_1(x) + f_2(x) + f_3(x))/\sqrt{3}$

В. $\psi(x) = f_1(x) + f_2(x)$

Г. такого состояния не существует

67. Оператор некоторой физической величины A имеет различные собственные значения a_n и отвечающие им нормированные собственные функции $f_n(x)$. Какой должна быть нормированная волновая функция $\psi(x)$ системы, чтобы при измерении физической величины A в ней с равными вероятностями можно было обнаружить значения a_1 и a_2 , а с вдвое большей вероятностью – a_3 ?

А. $\psi(x) = (f_1(x) - f_2(x) + \sqrt{2}if_3(x))/\sqrt{6}$

Б. $\psi(x) = (f_1(x) - f_2(x) - \sqrt{2}f_3(x))/6$

В. $\psi(x) = (f_1(x) + f_2(x) - \sqrt{2}if_3(x))/2$

Г. такого состояния не существует

68. Оператор физической величины A имеет непрерывный спектр собственных значений a и отвечающих им собственных функций $f_a(x)$. Какая из нижеперечисленных формул выражает собой разложение некоторой волновой функции $\Psi(x)$ по собственным функциям?

А. $\Psi(x) = \int C(a) f_a(x) da$ Б. $\Psi(x) = \int C(x') f_a(x') dx'$

В. $f_a(x) = \int C(x') \Psi(x') dx'$ Г. $f_a(x) = \int C(a') \Psi(x) da'$

69. Оператор физической величины A имеет непрерывный спектр собственных значений a и отвечающих им собственных функций $f_a(x)$ ($f_a(x)$ нормированы на δ -функцию от a). По какой из нижеперечисленных формул можно найти коэффициенты разложения $C(a)$ некоторой нормированной волновой функции $\Psi(x)$ по собственным функциям $f_a(x)$?

А. $C(a) = \int \Psi(x) f_a(x) dx$ Б. $C(a) = \int \Psi^*(x) f_a(x) dx$

В. $C(a) = \int \Psi(x) f_a^*(x) dx$ Г. $C(a) = \int \Psi^*(x) f_a^*(x) dx$

70. Оператор физической величины A имеет непрерывный спектр собственных значений a и отвечающих им собственных функций $f_a(x)$ ($f_a(x)$ нормированы на δ -функцию от a). Разложение волновой функции $\Psi(x)$ по собственным функциям имеет вид $\Psi(x) = \int C(a) f_a(x) da$, где $C(a)$ – коэффициенты разложения, причем функция $C(a)$ конечна во всех точках. Чему равна вероятность того, что при измерении физической величины A будет получено некоторое заданное значение a ?

А. $|C(a)|$ Б. $|C(a)|^2$ В. 0 Г. $\int |f_a(x)|^2 dx$

71. Оператор физической величины A имеет непрерывный спектр собственных значений a и отвечающих им собственных функций $f_a(x)$ ($f_a(x)$ нормированы на δ -функцию от a). Разложение волновой функции $\Psi(x)$ по собственным функциям имеет вид $\Psi(x) = \int C(a) f_a(x) da$, где $C(a)$ – коэффициенты разложения,

причем функция $C(a)$ всюду конечна. Чему равна вероятность того, что при измерении физической величины A будет получено любое значение из малого интервала da вблизи значения a_0 ?

А. $|C(a_0)|^2$

Б. $|C(a_0)|^2 da$

В. 0, так как интервал da – мал

Г. $\int |f_{a_0}(x)|^2 dx$

72. Оператор физической величины A имеет непрерывный спектр собственных значений a и отвечающих им собственных функций $f_a(x)$ ($f_a(x)$ нормированы на δ -функцию от a). Разложение волновой функции $\Psi(x)$ по собственным функциям содержит только две собственные функции: $\Psi(x, t) = (f_{a_1}(x) + f_{a_2}(x)) / \sqrt{2}$.

Какие значения физической величины A можно обнаружить при измерениях?

А. любые, так как спектр собственных значений оператора непрерывен

Б. определенное значение $(a_1 + a_2) / 2$

В. только a_1 и a_2

Г. только a_1 , a_2 и $(a_1 + a_2) / 2$

73. Разложение волновой функции квантовой системы $\Psi(x)$ по ортонормированным собственным функциям оператора некоторой физической величины $\varphi_n(x)$ имеет вид

$$\Psi(x) = \frac{1}{\sqrt{15}} \varphi_1(x) - \frac{1}{\sqrt{3}} \varphi_2(x) + i\sqrt{\frac{6}{15}} \varphi_3(x) + \frac{1}{\sqrt{5}} \varphi_4(x).$$

Что можно сказать о нормировке этой функции?

А. ненормирована

Б. нормирована на 1

В. нормирована на -1

Г. нормирована на 2

74. Физическая величина A в некоторой квантовой системе может принимать два значения 1 и 4. В результате проведения многократных измерений над ансамблем таких квантовых систем оказалось, что $\bar{A} = 2$ ($\bar{A}$ – среднее значение результатов этих экспериментов). Чему равны вероятности обнаружения возможных значений величины A в каждом опыте?

А. $w(1) = 1/4$, $w(4) = 3/4$

Б. $w(1) = 1/3$, $w(4) = 2/3$

В. $w(1) = 3/4$, $w(4) = 1/4$

Г. $w(1) = 2/3$, $w(4) = 1/3$

75. Физическая величина A в некоторой квантовой системе может принимать три значения 1, 4 и 5 с вероятностями $w(1) = 1/6$, $w(4) = 1/3$, $w(5) = 1/2$. Чему равно среднее значение результатов многих измерений величины A , выполненных над ансамблем таких квантовых систем?

А. $\bar{A} = 2$

Б. $\bar{A} = 3$

В. $\bar{A} = 4$

Г. $\bar{A} = 5$

76. Волновая функция некоторой квантовой системы в некоторый момент времени совпадает с n -й собственной функцией оператора физической величины $\hat{A}$. При измерении физической величины A в этот момент времени будут получены

А. $n+1$ -е и $n-1$ -е собственные значения с одинаковыми вероятностями

Б. n -е собственное значение с единичной вероятностью

В. все собственные значения с равными вероятностями

Г. все собственные значения с номерами, меньшими или равными n

77. Какой формулой выражается условие полноты системы собственных функций $f_n(x)$ оператора физической величины, имеющего дискретный спектр собственных значений?

А. $\int |f_n(x)|^2 dx = 1$

Б. $\int f_n^*(x) f_{n'}(x) dx = \delta_{nn'}$

В. $\sum_n f_n^*(x) f_n(x') = \delta(x - x')$

Г. $\sum_{nn'} f_n^*(x) f_{n'}(x) = 1$

(где $\delta_{nn'}$ и $\delta(x - x')$ δ -символ и δ -функция)

78. Волновая функция частицы в некоторый момент времени равна $\Psi(x)$. Оператор физической величины A имеет дискретный спектр невырожденных собственных значений a_n и отвечающих им собственных функций $f_n(x)$ ($f_n(x)$ нормированы на единицу). Чему равна вероятность того, что при измерении величины A будет обнаружено, что $A = a_k$?

А. $\left| \int \Psi(x) f_k(x) dx \right|^2$

Б. $\left| \int \Psi^2(x) f_k(x) dx \right|^2$

В. $\left| \int \Psi^*(x) f_k(x) dx \right|^2$

Г. ни одной из приведенных величин

79. Волновые функции квантовой системы определены на интервале $[-x_0, x_0]$. Собственные функции оператора физической величины $f_n(x)$, отвечающие дискретным собственным значениям a_n , равны $f_n(x) = C_n \cos(x + \pi n / 2)$ (индекс n пробегает значения $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, C_n – постоянные). Чему равна вероятность того, что при измерениях величины A можно обнаружить значение $A = a_3$, в состоянии с волновой функцией $\Psi(x) = Bx^2$?

А. $w(a_3) = 1/4$

Б. $w(a_3) = 1/3$

В. $w(a_3) = 1/2$

Г. $w(a_3) = 0$

80. Что означает утверждение, что выбор собственных функций оператора, отвечающих вырожденному собственному значению, является неоднозначным?

А. эти функции определены с точностью до множителя

Б. любые их линейные комбинации также будут собственными функциями

В. уравнение на собственные значения в этом случае не имеет решений

Г. произведение любых двух собственных функций также будет собственной функцией

1.3. Координата и импульс. Различные представления волновой функции

81. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\Psi(x, t)$, которая может быть представлена в виде интеграла $\Psi(x, t) = \int dp C(p, t) f_p(x)$, где $f_p(x)$ – нормированная на δ -функцию от импульса собственная функция оператора импульса. Вероятность того, что в момент времени t импульс частицы

лежит в интервале $p \div p + dp$, где dp – некоторый малый интервал импульса, равна

А. 0

Б. $|C(p, t)| dp$

В. $|f_p(x)|^2 dp$

Г. $|C(p, t)|^2 dp$

82. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $\Psi(x, t)$, которая может быть представлена в виде интеграла $\Psi(x, t) = \int dp C(p, t) f_p(x)$, где $f_p(x)$ – нормированная на δ -функцию от импульса собственная функция оператора импульса. Вероятность того, что при измерении импульса частицы в момент времени t будет обнаружено некоторое значение p_0 , равна

А. $|\varphi_{p_0}(x)|$

Б. $|C(p_0, t)|$

В. 0

Г. $|C(p_0, t)|^2$

83. Какой должна быть волновая функция частицы, чтобы при измерении ее импульса с единичной вероятностью получить некоторое заданное значение p_0 ?

А. эта функция должна быть собственной функцией оператора импульса, отвечающей собственному значению p_0

Б. эта функция должна быть собственной функцией оператора координаты, отвечающей собственному значению $\hbar / p_0$

В. $\cos \left\{ \frac{p_0 x}{\hbar} \right\}$

Г. $\sin \left\{ \frac{p_0 x}{\hbar} \right\}$

84. Действие оператора координаты $\hat{x}$ на произвольную функцию $\Psi(x)$ в координатном представлении определяется соотношением

А. $\hat{x}\Psi = x\Psi$

Б. $\hat{x}\Psi = \Psi / x$

В. $\hat{x}\Psi = \frac{d\Psi}{dx}$

Г. $\hat{x}\Psi = \int_{-\infty}^{\infty} dx \Psi$

$$\text{A. } \hat{p}_x \Psi = p_x \Psi \qquad \text{B. } \hat{p}_x \Psi = -\hbar^2 \frac{d^2 \Psi}{dx^2}$$

$$\text{B. } \hat{p}_x \Psi = -i\hbar \frac{d\Psi}{dx}$$

$$\Gamma. \hat{p}_x \Psi = i\hbar \frac{d\Psi}{d p_x}$$

A. $\hat{p}_x$

Б. $\hat{x}$

B. $i\hbar$

Г. 0

A. 0

Б. $\bar{p} = \hbar / a$

B. $\bar{p} = \hbar / b$

$$\Gamma. \quad \bar{p} = \hbar / \sqrt{ab}$$

$$\text{A. } \bar{x} = \int x |\psi(x)| dx$$

$$\text{Б. } \bar{x} = \int x |\psi(x)|^2 dx$$

B. $\bar{x} = \int |\psi(x)| dx$

$$\Gamma. \bar{x} = \int |\psi(x)|^2 dx$$

$$\text{A. } f_p(x) = \sin\left\{\frac{px}{\hbar}\right\}$$

$$\text{Б. } f_p(x) = \cos \left\{ \frac{px}{\hbar} \right\}$$

$$\text{B. } f_p(x) = \exp\left\{\frac{ipx}{\hbar}\right\}$$

$$\Gamma. \quad f_p(x) = \exp\left\{-\frac{ipx}{\hbar}\right\}$$

90. Нормированная на δ -функцию от импульса собственная функция $f_p(x)$ оператора импульса $\hat{p}_x$, отвечающая собственному значению p , в координатном представлении равна

A. $f_p(x) = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{3/2}} e^{i\frac{px}{\hbar}}$

Б. $f_p(x) = \frac{1}{(2\pi\hbar)^{1/2}} e^{i\frac{px}{\hbar}}$

В. $f_p(x) = (2\pi\hbar)^{1/2} e^{i\frac{px}{\hbar}}$

Г. $f_p(x) = (2\pi\hbar)^{3/2} e^{i\frac{px}{\hbar}}$

91. Нормированная на δ -функцию от координаты собственная функция оператора координаты $f_a(x)$, отвечающая собственному значению a , в координатном представлении равна

A. $f_a(x) = \exp(ix/a)$

Б. $f_a(x) = \delta(x-a)$

В. $f_a(x) = \sin(x/a)$

Г. $f_a(x) = \delta(x/a)$

92. Интеграл от квадрата собственной функции оператора координаты

A. сходится

Б. расходится

В. равен нулю

Г. это зависит от собственного значения

93. Рассматривается пространство состояний одномерной частицы. Какова размерность нормированных на δ -функцию от координаты собственных функций оператора координаты частицы в координатном представлении?

A. длина

Б. длина⁻¹

В. длина²

Г. длина⁻²

94. Рассматривается пространство состояний одномерной частицы. Какова размерность нормированных на δ -функцию от импульса собственных функций оператора импульса в координатном представлении?

A. $(\text{длина} \cdot \text{импульс})^{1/2}$

Б. $(\text{длина} \cdot \text{импульс})^{-1/2}$

В. длина · импульс

Г. $(\text{длина} \cdot \text{импульс})^{-1}$

95. Чему равны собственные значения оператора проекции импульса на ось x ?

A. любому действительному числу

Б. любому положительному действительному числу

В. любому целому числу

Г. любому положительному целому числу

96. Чему равны собственные значения оператора координаты $\hat{x}$?

А. любому целому числу

Б. любому положительному целому числу

В. любому действительному числу

Г. любому положительному действительному числу

97. Состояние частицы в координатном представлении описывается волновой функцией $\exp(-2ibx)$ (где b – некоторое действительное число). Проводят измерение проекции импульса частицы на ось x . Какие значения могут быть при этом получены?

А. любые с одинаковыми вероятностями

Б. $2\hbar b$ с единичной вероятностью

В. $-2\hbar b$ с единичной вероятностью

Г. $-2b$ с единичной вероятностью

98. Даны волновые функции в координатном представлении ряда состояний частицы. В каком из них импульс частицы имеет определенное значение?

А. $\sin(px/\hbar)$

Б. $\cos(px/\hbar)$

В. $\exp(ipx/\hbar)$

Г. $\exp(-px/\hbar)$ (здесь p – некоторое действительное число)

99. Даны волновые функции в координатном представлении ряда состояний частицы. В каком из них координата частицы имеет определенное значение?

А. $\delta(x-a)$

Б. $\cos\left\{\frac{x-a}{a}\right\}$

В. $\exp\left\{-i\frac{x}{a}\right\}$

Г. $\delta(x^2-a^2)$

(здесь a – некоторое действительное число)

100. Состояние частицы в координатном представлении описывается волновой функцией $\exp(ipx) + 2\exp(2ipx)$, где p – некоторое действительное число. При измерении импульса частицы будут получены

А. p с вероятностью $1/3$, $2p$ с вероятностью $2/3$

Б. $\hbar p$ с вероятностью $1/3$, $2\hbar p$ с вероятностью $2/3$

В. p с вероятностью $1/5$, $2p$ с вероятностью $4/5$

Г. $\hbar p$ с вероятностью $1/5$, $2\hbar p$ с вероятностью $4/5$

101. Состояние частицы в координатном представлении описывается волновой функцией $c\delta(x-a) + d\delta(x-b)$, где a , b , c и d – некоторые действительные числа. При измерении координаты частицы будут получены

- А. значение a с вероятностью c^2 , значение b с вероятностью d^2
- Б. значение a с вероятностью $c^2/(c^2 + d^2)$, значение b с вероятностью $d^2/(c^2 + d^2)$
- В. значение c с вероятностью a^2 , значение d с вероятностью b^2
- Г. значение c с вероятностью $a^2/(a^2 + b^2)$, значение d с вероятностью $b^2/(a^2 + b^2)$

102. Частица находится в состоянии, в котором ее координата x имеет определенное значение a . Проводят измерение проекции импульса частицы на ось x . Какие значения будут получены?

- А. любые действительные значения с одинаковыми вероятностями
- Б. любые положительные действительные значения с одинаковыми вероятностями
- В. любые отрицательные действительные значения с одинаковыми вероятностями
- Г. $\hbar/a$ с единичной вероятностью

103. Частица находится в состоянии, в котором ее импульс имеет определенное значение p_0 . Проводят измерение координаты частицы. Какие значения при этом получают и с какими вероятностями?

- А. любые действительные значения с одинаковыми вероятностями
- Б. значение $\hbar/p_0$ с единичной вероятностью
- В. значение $-\hbar/p_0$ с единичной вероятностью
- Г. значения $\hbar/p_0$ и $-\hbar/p_0$ с одинаковыми вероятностями

104. Какая из нижеследующих функций является общей собственной функцией операторов $\hat{p}_x$, $\hat{p}_y$ и $\hat{p}_z$ (a, b, c – произвольные действительные числа)?

- А. $\sin ax \sin by \sin cz$
- Б. такой функции не существует
- В. $\exp(iax) \exp(iby) \exp(icz)$
- Г. $\exp(ax) \exp(by) \exp(cz)$

105. Какая из нижеперечисленных функций является общей собственной функцией операторов $\hat{x}$ и $\hat{p}_x$?

А. $\delta(x-a) \sin bx$

Б. $\delta(x-a) \exp(-ibx)$

В. $\delta(x-a) \exp(ibx)$

Г. такой функции не существует

(здесь a, b – произвольные действительные числа)

106. В каком из нижеперечисленных состояний частица имеет определенный вектор импульса?

А. $\exp(ax) \exp(by) \exp(cz)$

Б. $\cos ax \cos by \cos cz$

В. $\exp(iax) \exp(iby) \exp(icz)$

Г. таких состояний не существует

(здесь a, b, c – произвольные действительные числа)

107. Состояние частицы описывается волновой функцией $\psi(x, y, z) = a\delta(x-b) \exp(icy) \sin(dz)$, где a, b, c и d – произвольные действительные числа. Какие из величин x, y, z, p_x, p_y, p_z имеют в этом состоянии определенные значения?

А. y и p_x

Б. x и p_y

В. z и p_z

Г. никакие из перечисленных

108. В каком из нижеперечисленных состояний радиус-вектор частицы будет определенным?

А. $\sin ax \sin by \sin cz$

Б. такого состояния не существует

В. $\delta(x-a) \delta(y-b) \delta(z-c)$

Г. $\delta(x^2 - a^2) \delta(y^2 - b^2) \delta(z^2 - c^2)$

(здесь a, b, c – произвольные действительные числа)

109. Оператор координаты $\hat{x}$ в импульсном представлении – это

А. $-i\hbar \frac{\partial}{\partial p_x}$

Б. оператор умножения на координату x

В. оператор умножения на импульс p_x

Г. $i\hbar \frac{\partial}{\partial p_x}$

110. Оператор импульса $\hat{p}_x$ в импульсном представлении – это

А. $-i\hbar \frac{\partial}{\partial p_x}$

Б. $i\hbar \frac{\partial}{\partial p_x}$

В. оператор умножения на импульс p_x

Г. $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$

111. Собственная функция $f_a(p)$ оператора координаты, отвечающая собственному значению a , в импульсном представлении равна

А. $f_a(p) = \exp\left(-i \frac{pa}{\hbar}\right)$

Б. $f_a(p) = \delta(p - a)$

В. $f_a(p) = \cos\left(\frac{pa}{\hbar}\right)$

Г. $f_a(p) = \exp\left(i \frac{pa}{\hbar}\right)$

112. Собственная функция $f_{p_1}(p)$ оператора импульса в импульсном представлении, отвечающая собственному значению p_1 , равна

А. $f_{p_1}(p) = \exp\left(-i \frac{(p - p_1)}{\hbar}\right)$

Б. $f_{p_1}(p) = \delta(p - p_1)$

В. $f_{p_1}(p) = \cos\left(\frac{(p - p_1)}{\hbar}\right)$

Г. $f_{p_1}(p) = \exp\left(i \frac{(p - p_1)}{\hbar}\right)$

113. Состояние частицы описывается волновой функцией $\Psi(x, t)$. По какой из нижеперечисленных формул можно найти волновую функцию этого состояния в импульсном представлении $C(p, t)$?

А. $C(p, t) = \Psi(p, t)$

Б. $C(p, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int \Psi(x, t) e^{-i \frac{px}{\hbar}} dx$

В. $C(p, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int \Psi(x, t) \sin(px/\hbar) dx$

Г. $C(p, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int \Psi(x, t) e^{i \frac{px}{\hbar}} dx$

114. Квадрат модуля нормированной волновой функции частицы в импульсном представлении определяет вероятности

А. различных значений координаты частицы

Б. различных значений координаты и импульса частицы

В. различных значений энергии частицы

Г. различных значений импульса частицы

115. Дана волновая функция некоторого состояния частицы в импульсном представлении $C(p, t)$. По какой из нижеперечисленных формул можно найти волновую функцию этого состояния в координатном представлении $\Psi(x, t)$?

А. $\Psi(x, t) = C(x, t)$

Б. $\Psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int C(p, t) e^{-i\frac{px}{\hbar}} dp$

В. $\Psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int C(p, t) e^{i\frac{px}{\hbar}} dp$

Г. $\Psi(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\hbar}} \int C(p, t) \sin(px/\hbar) dp$

116. Оператор энергии в энергетическом представлении – это

А. оператор дифференцирования по энергии

Б. оператор двукратного дифференцирования по координате плюс умножение на потенциальную энергию

В. оператор умножения на энергию

Г. ни один из перечисленных

117. Оператор физической величины A имеет непрерывный спектр собственных значений a и собственных функций $f_a(x)$ ($f_a(x)$ нормированы на δ -функцию от a). Частица находится в состоянии с волновой функцией $\Psi(x)$. По какой формуле можно найти волновую функцию этого состояния $C(a)$ в A -представлении?

А. $C(a) = \int dx \Psi(x) f_a(x)$

Б. $C(a) = \int dx \Psi(x) f_a^*(x)$

В. $C(a) = \int dx \Psi^*(x) f_a^*(x)$

Г. $C(a) = \int dx \Psi^*(x) f_a(x)$

118. Имеют ли операторы координаты и четности, действующие в пространстве функций одной переменной, полную систему общих собственных функций?

А. да

Б. нет

В. в некоторых случаях имеют, в некоторых нет

Г. это зависит от размерности пространства волновых функций

119. Имеют ли операторы координаты и четности, действующие в пространстве функций одной переменной, общие собственные функции?

А. да

Б. нет

В. в некоторых случаях имеют, в некоторых нет

Г. это зависит от размерности пространства

1.4. Зависимость физических величин от времени.

Уравнение Шредингера

120. Частица находится во внешнем поле $U(\vec{r}, t)$. Какой из приведенных формул определяется оператор Гамильтона частицы $\hat{H}$?

А. $\hat{H} = -\frac{i\hbar}{m}\nabla$

Б. $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta$

В. $\hat{H} = U(\vec{r}, t)$

Г. $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + U(\vec{r}, t)$

121. Частица находится во внешнем поле $U(\vec{r}, t)$. Какое из нижеследующих уравнений является временным уравнением Шредингера для волновой функции этой частицы?

А. $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + U(\vec{r}, t) \right) \Psi$

Б. $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = U(\vec{r}, t) \Psi$

В. $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta - U(\vec{r}, t) \right) \Psi$

Г. $\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta + U(\vec{r}, t) \right) \Psi = E \Psi$

122. Какое из нижеследующих уравнений является временным уравнением Шредингера для волновой функции частицы?

А. $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$

Б. $i\hbar \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = \hat{H} \Psi$

В. $\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$

Г. $\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = \hat{H} \Psi$

123. Для однозначного нахождения решения временного уравнения Шредингера нужно задать:

- А. волновую функцию во всех точках в начальный момент времени
- Б. волновую функцию и ее первую производную по времени во всех точках в начальный момент времени
- В. волновую функцию, ее первую и вторую производные по времени во всех точках в начальный момент времени
- Г. волновую функцию, ее первую, вторую и третью производные по времени во всех точках в начальный момент времени

124. Частица находится во внешнем поле $U(\vec{r})$. Какое из нижеследующих уравнений является стационарным уравнением Шредингера для энергий и волновых функций стационарных состояний этой частицы?

- А. $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(\vec{r}) \right) \Psi$
- Б. $\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(\vec{r}) \right) \Psi = E \Psi$
- В. $i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = E \Psi$
- Г. $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi = U(\vec{r}) \Psi$

125. Какое из нижеперечисленных уравнений или законов относится к уравнениям на собственные значения и собственные функции какого-либо оператора?

- А. временное уравнение Шредингера
- Б. стационарное уравнение Шредингера
- В. закон сохранения вероятности
- Г. принцип суперпозиции

126. Гамильтониан некоторой квантовой системы не зависит от времени. Собственные функции $\varphi_n(x)$ и собственные значения E_n этого гамильтониана известны. Какой из нижеследующих формул описывается общее решение временного уравнения Шредингера $\Psi(x, t)$?

- А. $\Psi(x, t) = \sum_n C_n \varphi_n(x) e^{-i \frac{E_n t}{\hbar}}$
- Б. $\Psi(x, t) = \sum_n C_n \varphi_n(x) e^{-i \frac{E_n t}{\hbar}}$
- В. $\Psi(x, t) = \sum_n C_n \varphi_n(x) e^{-i \frac{E_n t}{\hbar}}$
- Г. $\Psi(x, t) = \sum_n C_n \varphi_n(x) e^{-i \frac{E_n t}{\hbar}}$

127. Гамильтониан некоторой квантовой системы не зависит от времени. Собственные функции $\varphi_n(x)$ и собственные значения E_n этого гамильтониана известны. Какой из нижеперечисленных функций определяется волновая функция стационарного состояния системы $\Psi(x, t)$?

А. $\Psi(x, t) = \varphi_n(x) e^{-i \frac{E_n t}{\hbar}}$

Б. $\Psi(x, t) = \varphi_n(x)$

В. $\Psi(x, t) = e^{-i \frac{E_n t}{\hbar}}$

Г. $\Psi(x, t) = \sum_n C_n \varphi_n(x) e^{-i \frac{E_n t}{\hbar}}$

128. Гамильтониан частицы не зависит от времени. Будут ли зависеть от времени волновые функции стационарных состояний частицы?

А. нет

Б. да

В. это зависит от начальных условий

Г. это зависит от гамильтониана

129. Потенциальная энергия частицы не зависит от времени. Волновая функция частицы в начальный момент времени совпадает с одной из собственных функций оператора Гамильтона частицы. Как зависит от времени среднее значение координаты частицы?

А. растет

Б. убывает

В. не зависит от времени

Г. по-разному, в зависимости от потенциальной энергии

130. Потенциальная энергия частицы не зависит от времени. Известно, что частица находится в состоянии с определенной энергией. Как зависит от времени среднее значение координаты частицы?

А. растет

Б. убывает

В. не зависит от времени

Г. по-разному, в зависимости от состояния

131. Потенциальная энергия частицы не зависит от времени. Частица находится в состоянии с определенной энергией. Как зависит от времени среднее значение импульса частицы в этом состоянии?

А. растет

Б. убывает

В. не зависит от времени

Г. осциллирует

132. Гамильтониан частицы не зависит от времени. Частица находится в стационарном состоянии. Как зависят от времени вероятности различных значений некоторой физической величины, оператор которой не коммутирует с оператором Гамильтона?

А. не зависят от времени

Б. растут

В. убывают

Г. поведение волновых функций зависит от оператора данной физической величины

133. Гамильтониан квантовой системы не зависит от времени. Среднее значение физической величины в некотором состоянии зависит от времени. Какое из нижеследующих утверждений относительно свойств состояния и оператора физической величины обязательно справедливо?

А. энергия системы в этом состоянии имеет определенное значение

Б. оператор физической величины не коммутирует с оператором Гамильтона

В. оператор этой физической величины коммутирует с оператором Гамильтона

Г. импульс системы в этом состоянии имеет определенное значение

134. Гамильтониан квантовой системы не зависит от времени. Частица находится в стационарном состоянии. Какое утверждение в любом случае является верным?

А. волновая функция этого состояния не зависит от времени

Б. импульс частицы в этом состоянии имеет определенное значение

В. энергия частицы в этом состоянии имеет определенное значение

Г. оператор импульса коммутирует с оператором Гамильтона

135. Гамильтониан квантовой системы не зависит от времени. Как зависят от времени вероятности различных значений энергии системы?

А. растут

Б. убывают

В. не зависят от времени

Г. это зависит от состояния

136. Гамильтониан квантовой системы не зависит от времени. Как зависит от времени среднее значение координаты системы в некотором состоянии?

А. растет

Б. убывает

В. не зависит от времени

Г. это зависит от состояния

137. Гамильтониан частицы не зависит от времени. Частица находится в таком состоянии, в котором среднее значение любой физической величины не зависит от времени. Измеряют энергию частицы. Что будет обнаружено в результате измерений?

А. любое число из некоторого интервала значений

Б. все собственные значения гамильтониана с равными вероятностями

В. некоторое собственное значение гамильтониана с единичной вероятностью

Г. информации для ответа недостаточно

138. Физическая величина A для некоторой квантовой системы является интегралом движения. Какие величины будут сохраняться?

А. будут совпадать результаты всех измерений величины A , выполненных в разные моменты времени над ансамблем таких квантовых систем

Б. не будет меняться оператор Гамильтона квантовой системы

В. среднее значение результатов многих измерений величины A не будет зависеть от времени

Г. волновая функция квантовой системы не будет зависеть от времени

139. Физическая величина является интегралом движения, если

А. оператор этой величины не зависит от времени

Б. оператор этой величины не зависит от времени и коммутирует с оператором импульса

В. оператор этой величины не зависит от времени и коммутирует с оператором Гамильтона

Г. оператор этой величины не зависит от времени и коммутирует с оператором координаты

140. Если оператор некоторой физической величины не зависит от времени и коммутирует с оператором Гамильтона, то

А. среднее значение этой величины в любом состоянии не зависит от времени

Б. эта величина имеет определенное значение в любом состоянии

В. эта величина есть энергия

Г. среднее значение этой величины не зависит от времени только в стационарных состояниях

141. Энергия квантовой системы является интегралом движения, если

- А. если оператор Гамильтона коммутирует с оператором импульса
- Б. если оператор Гамильтона коммутирует с оператором координаты
- В. если оператор Гамильтона коммутирует сам с собой
- Г. если оператор Гамильтона не зависит от времени

142. Средний импульс частицы в некотором состоянии не зависит от времени. Будет ли оператор импульса коммутировать с оператором Гамильтона?

- А. да
- Б. нет
- В. зависит от оператора импульса
- Г. информации для ответа на вопрос недостаточно

143. Оператор Гамильтона частицы не зависит от времени. Оператор некоторой физической величины коммутирует с оператором Гамильтона. Будут ли волновые функции стационарных состояний собственными функциями этого оператора?

- А. да
- Б. нет
- В. если нет вырождения, то да
- Г. это зависит от оператора

144. Частица движется в потенциале $U(x)$, который является четной функцией координаты. Волновая функция частицы в начальный момент времени $\Psi(x, t = 0)$ является нечетной функцией координат. Волновая функция частицы при $t > 0$ будет

- А. нечетной функцией
- Б. четной функцией
- В. обладать неопределенной четностью
- Г. четность волновой функции при $t > 0$ зависит от потенциала

145. Частица движется в потенциале $U(x)$, который является нечетной функцией координаты. Волновая функция частицы в начальный момент времени $\Psi(x, t = 0)$ является нечетной функцией координат. Волновая функция частицы при $t > 0$ будет

- А. нечетной функцией
- Б. четной функцией
- В. обладать неопределенной четностью
- Г. четность волновой функции при $t > 0$ зависит от потенциала

146. Гамильтониан частицы зависит от времени. Волновая функция частицы в начальный момент времени нормирована на 2. Что можно сказать о нормировочном интеграле в последующие моменты времени?

А. в любой момент времени волновая функция нормирована на 2 независимо от гамильтониана

Б. в любой момент, кроме начального, волновая функция нормирована на 1

В. нормировочный интеграл с течением времени возрастает

Г. поведение нормировочного интеграла зависит от гамильтониана

147. Закон сохранения вероятности есть следствие того, что

А. волновая функция не зависит от времени

Б. оператор координаты не зависит от времени

В. нормировка волновой функции не зависит от времени

Г. оператор Гамильтона не зависит от времени

148. Закон сохранения вероятности говорит о том, что

А. волновая функция не зависит от времени

Б. увеличение вероятности обнаружить частицу в одной области пространства сопровождается уменьшением вероятности обнаружить ее в другом

В. оператор вероятности коммутирует с оператором Гамильтона

Г. вероятность обнаружить частицу в разных точках пространства не зависит от времени

149. Какая формула есть математическое выражение закона сохранения вероятности?

А.
$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(\vec{r}, t) \right) \Psi$$

Б.
$$\frac{\partial}{\partial t} |\Psi(\vec{r}, t)|^2 + \operatorname{div} \vec{J}(\vec{r}, t) = 0$$

В.
$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi$$

Г.
$$\hat{H} \Psi = E \Psi$$

150. Состояние частицы описывается волновой функцией $\Psi(\vec{r}, t)$. Какой формулой определяется вектор плотности потока вероятности $\vec{J}(\vec{r}, t)$ (с точностью до множителя)?

А. $\vec{J}(\vec{r}, t) \sim \Psi(\vec{r}, t) \nabla \Psi^*(\vec{r}, t) - \Psi^*(\vec{r}, t) \nabla \Psi(\vec{r}, t)$

Б. $\vec{J}(\vec{r}, t) \sim \Psi(\vec{r}, t) \Delta \Psi^*(\vec{r}, t) - \Psi^*(\vec{r}, t) \Delta \Psi(\vec{r}, t)$

В. $\vec{J}(\vec{r}, t) \sim \Delta \Psi(\vec{r}, t) \nabla \Psi^*(\vec{r}, t) - \Delta \Psi^*(\vec{r}, t) \nabla \Psi(\vec{r}, t)$

Г. $\vec{J}(\vec{r}, t) \sim \Psi(\vec{r}, t) \Psi^*(\vec{r}, t) - \Psi^*(\vec{r}, t) \Psi(\vec{r}, t)$

ГЛАВА 2. ОДНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

2.1. Общие свойства одномерного движения

151. Частица движется в некотором потенциале $U(x)$. Какое из перечисленных уравнений является стационарным уравнением Шредингера для этой частицы?

А. $i\hbar \frac{\partial \Psi(x,t)}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \right) \Psi(x,t)$

Б. $\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \right) f_n(x) = E_n f_n(x)$

В. $\frac{\partial |\Psi(x,t)|^2}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{J}(x,t) = 0$

Г. $-i\hbar \frac{d}{dx} f_p(x) = p f_p(x)$

152. Частица движется в некотором одномерном потенциале $U(x)$. Оператор Гамильтона для этой частицы – это

А. $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U(x)$

Б. $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} - U(x)$

В. оператор умножения на функцию $U(x)$

Г. $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2}$

153. Что значит решить стационарное уравнение Шредингера

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2}{dx^2} + U(x) \right) f_n(x) = E_n f_n(x) ?$$

А. найти все решения $f_n(x)$

Б. найти все конечные решения $f_n(x)$

В. найти все энергии E_n , при которых это уравнение имеет решения, и сами решения

Г. найти все энергии E_n , при которых это уравнение имеет конечные решения $f_n(x)$, и сами эти решения

154. Какое состояние называется основным?

- А. собственное состояние гамильтониана, отвечающее непрерывному спектру, и имеющее минимальную энергию
- Б. собственное состояние гамильтониана, отвечающее дискретному спектру и имеющее минимальную энергию
- В. собственное состояние гамильтониана, отвечающее непрерывному спектру и имеющее максимальную энергию
- Г. собственное состояние гамильтониана, отвечающее дискретному спектру и имеющее максимальную энергию

155. Какое состояние называется первым возбужденным?

- А. собственное состояние гамильтониана, отвечающее дискретному спектру и имеющее минимальную энергию
- Б. собственное состояние гамильтониана, отвечающее дискретному спектру и имеющее вторую по счету (в порядке возрастания) энергию
- В. собственное состояние гамильтониана, отвечающее дискретному спектру и имеющее третью по счету (в порядке возрастания) энергию
- Г. собственное состояние гамильтониана, отвечающее непрерывному спектру и имеющее вторую по счету (в порядке возрастания) энергию

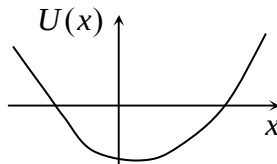
156. Какие состояния называются связанными?

- А. собственные состояния гамильтониана, волновые функции которых затухают при $x \rightarrow \pm\infty$
- Б. собственные состояния оператора импульса, волновые функции которых затухают при $x \rightarrow \pm\infty$
- В. собственные состояния гамильтониана, волновые функции которых не обращаются в бесконечность при конечных значениях координат
- Г. собственные состояния гамильтониана, волновые функции которых не затухают при $x \rightarrow \pm\infty$

157. Какие состояния являются связанными в одномерной задаче?

- А. двукратно вырожденные состояния дискретного спектра
- Б. невырожденные стационарные состояния непрерывного спектра
- В. двукратно вырожденные состояния непрерывного спектра
- Г. невырожденные стационарные состояния дискретного спектра

158. Потенциальная энергия стремится к $+\infty$ при $x \rightarrow \pm\infty$ («потенциальная яма», см. рисунок). Все уровни энергии частицы в такой яме



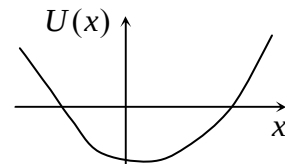
А. не вырождены

Б. двукратно вырождены

В. часть уровней не вырождена, часть двукратно вырождена

Г. вырождение уровней зависит от конкретного вида потенциала

159. Частица движется в некотором потенциале $U(x)$. Известно, что $U(x) \rightarrow +\infty$ при $x \rightarrow \pm\infty$ (см. рисунок). Существуют ли среди стационарных состояний частицы состояния, относящиеся к непрерывному спектру?



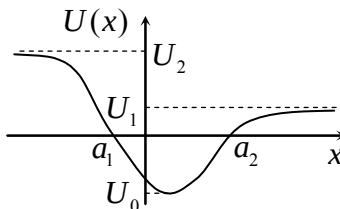
А. да

Б. нет

В. в некоторых случаях да, в некоторых случаях нет

Г. это зависит от потенциала

160. Дан график зависимости потенциальной энергии $U(x)$ от координаты x (см. рисунок). Указать области, в которых могут существовать стационарные состояния дискретного спектра



А. $E < U_0$

Б. $U_0 < E < U_1$

В. $a_1 < x < a_2$

Г. $x < a_1$ и $x > a_2$

161. Дан график зависимости потенциальной энергии $U(x)$ от координаты x (см. рисунок к задаче 160). Указать области, в которых могут существовать стационарные состояния непрерывного спектра

А. $E > U_1$

Б. $U_0 < E < U_1$

В. $a_1 < x < a_2$

Г. $x < a_1$ и $x > a_2$

162. Дан график зависимости потенциальной энергии $U(x)$ от координаты x (см. рисунок к задаче 160). При каких энергиях суще-

ствуют невырожденные стационарные состояния непрерывного спектра?

А. при $E > U_2$

Б. при $U_1 < E < U_2$

В. при $U_0 < E < U_1$

Г. при $E < U_0$

163. Дан график зависимости потенциальной энергии от координаты x (см. рисунок к задаче 160). При каких энергиях заведомо не существует стационарных состояний?

А. $E < U_0$

Б. $U_0 < E < U_1$

В. $E > U_2$

Г. $U_1 < E < U_2$

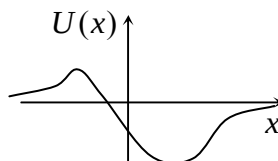
164. Потенциальная энергия обращается в нуль при $x \rightarrow \pm\infty$ (см. рисунок). Какова кратность вырождения собственных значений гамильтониана, относящихся к непрерывному спектру?

А. не вырождены

Б. двукратно вырождены

В. часть собственных значений не вырождена, часть двукратно вырождена

Г. кратность вырождения зависит от конкретного вида потенциала



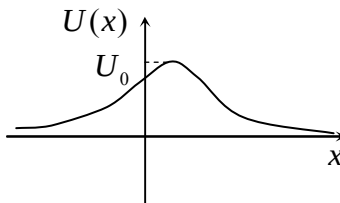
165. Дан график зависимости потенциальной энергии $U(x)$ от координаты x (см. рисунок). При каких энергиях существуют стационарные состояния дискретного спектра?

А. при $E > 0$

Б. при $E < 0$

В. при $E < U_0$

Г. состояний дискретного спектра в таком потенциале нет



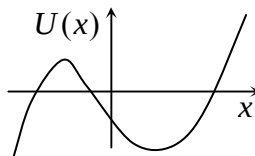
166. Частица движется в некотором потенциале $U(x)$. Известно, что $U(x) \rightarrow +\infty$ при $x \rightarrow +\infty$ и $U(x) \rightarrow -\infty$ при $x \rightarrow -\infty$ (см. рисунок). Существуют ли среди стационарных состояний частицы состояния, относящиеся к дискретному спектру?

А. да

Б. в некоторых случаях да, в некоторых случаях нет

В. нет

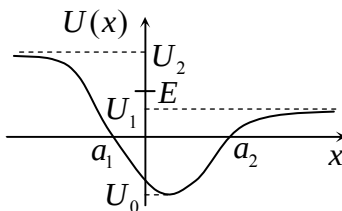
Г. это зависит от конкретного вида потенциала



167. Частица движется в некотором потенциале $U(x)$. Известно, что $U(x) \rightarrow +\infty$ при $x \rightarrow +\infty$ и $U(x) \rightarrow -\infty$ при $x \rightarrow -\infty$ (см. рисунок к задаче 166). Существуют ли среди стационарных состояний частицы двукратно вырожденные состояния?

- А. да Б. в некоторых случаях да, в некоторых случаях нет
В. нет Г. зависит от потенциала

168. Частица движется в потенциале $U(x)$, график которого представлен на рисунке. Какой формулой описывается асимптотика собственной функции оператора Гамильтона при энергии E (показана на рисунке) при $x \rightarrow -\infty$?

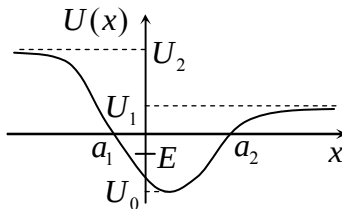


- А. $\exp(-kx)$, $k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$
Б. $\exp(kx)$, $k = \sqrt{2m(U_2 - E) / \hbar^2}$
В. $\exp(kx)$, $k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$
Г. $\exp(kx)$, $k = \sqrt{2m(E - U_2) / \hbar^2}$

169. Частица движется в потенциале $U(x)$, график которого представлен на рисунке к задаче 168. Какой формулой описывается асимптотика собственной функции гамильтониана при энергии E (показана на рисунке) при $x \rightarrow \infty$ ($k = \sqrt{2m(E - U_1) / \hbar^2}$)?

- А. $\exp(-kx)$
Б. $\exp(ikx)$,
В. линейная комбинация функций $\exp(ikx)$ и $\exp(-ikx)$,
Г. линейная комбинация функций $\exp(kx)$ и $\exp(-kx)$,

170. Частица движется в потенциале $U(x)$, график которого представлен на рисунке. Пусть некоторая энергия E (показана на рисунке) является собственным значением гамильтониана. Какими формулами описываются асимптотики соответствующей



собственной функции при $x \rightarrow -\infty$ и $x \rightarrow \infty$?

А. $\exp(k_2 x)$, $k_2 = \sqrt{2m(U_2 - E)/\hbar^2}$, и $\exp(-k_1 x)$,
 $k_1 = \sqrt{2m(U_1 - E)/\hbar^2}$

Б. $\exp(ik_2 x)$, $k_2 = \sqrt{2m(U_2 - E)/\hbar^2}$, и $\exp(ik_1 x)$,
 $k_1 = \sqrt{2m(U_1 - E)/\hbar^2}$

В. $\exp(-k_2 x)$, $k_2 = \sqrt{2m(U_2 - E)/\hbar^2}$, и $\exp(k_1 x)$,
 $k_1 = \sqrt{2m(U_1 - E)/\hbar^2}$

Г. другими

171. Частица движется в потенциале $U(x)$, который стремится к некоторым постоянным при $x \rightarrow \pm\infty$ (см. рисунок к задаче 170). Как ведут себя волновые функции двукратно вырожденных стационарных состояний при $x \rightarrow \pm\infty$?

А. растут

Б. затухают

В. осциллируют

Г. на одной бесконечности затухают, на другой осциллируют

172. Частица движется в потенциале $U(x)$, который стремится к некоторым постоянным при $x \rightarrow \pm\infty$ (см. рисунок к задаче 170). Как ведут себя волновые функции невырожденных состояний непрерывного спектра при $x \rightarrow \pm\infty$?

А. растут

Б. затухают

В. осциллируют

Г. на одной бесконечности затухают, на другой осциллируют

173. Что утверждает осцилляционная теорема?

А. что решения стационарного уравнения Шредингера, отвечающие дискретному спектру, осциллируют

Б. что решения стационарного уравнения Шредингера, отвечающие непрерывному спектру, осциллируют

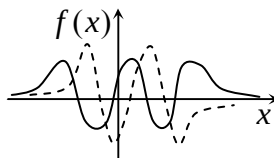
В. что число нулей (узлов) n -го решения стационарного уравнения Шредингера, отвечающего дискретному спектру, равно n

Г. что число нулей (узлов) n -го решения стационарного уравнения Шредингера, отвечающего непрерывному спектру, равно n

174. Частица движется в некотором потенциале $U(x)$, который обращается в нуль при $x \rightarrow \pm\infty$. Сколько узлов имеет волновая функция третьего возбужденного состояния дискретного (четвертого по счету состояния в порядке возрастания энергии)?

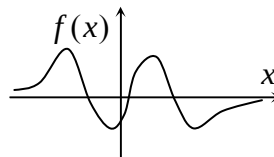
- А. 1 Б. 2 В. 3 Г. 4

175. На рисунке сплошной и пунктирной линией показаны графики двух собственных функций одномерного оператора Гамильтона. Какая из этих функций отвечает большему собственному значению?



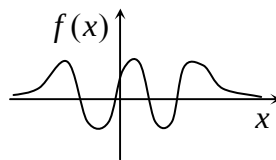
- А. сплошная Б. пунктирная
В. эти функции отвечают вырожденным по энергии состояниям
Г. информации для ответа недостаточно

176. Собственная функция одномерного оператора Гамильтона представлена на рисунке. Что можно сказать о соответствующем собственном значении?



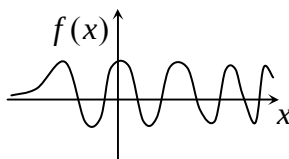
- А. относится к дискретному спектру
Б. относится к непрерывному спектру
В. двукратно вырождено
Г. информации для ответа недостаточно

177. Собственная функция одномерного оператора Гамильтона представлена на рисунке. Какому собственному состоянию отвечает эта функция?



- А. второму состоянию дискретного спектра (в порядке возрастания энергии)
Б. третьему состоянию дискретного спектра
В. четвертому состоянию дискретного спектра
Г. пятому состоянию дискретного спектра

178. Собственная функция одномерного оператора Гамильтона затухает при $x \rightarrow -\infty$ и осциллирует при $x \rightarrow \infty$ (см. рисунок). Какое утверждение относительно свойств этой функции справедливо?



ливо?

А. эта функция отвечает дискретному спектру

Б. эта функция отвечает невырожденному состоянию непрерывного спектра

В. эта функция отвечает двукратно вырожденному состоянию непрерывного спектра

Г. все перечисленное неверно

179. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ – четная функция координаты. Что можно сказать о коммутаторе операторов Гамильтона и четности $[\hat{H}, \hat{P}]$ для такой частицы?

А. равен нулю

Б. не равен нулю

В. зависит от конкретного вида потенциала

Г. четность потенциала и коммутатор операторов $\hat{H}$ и $\hat{P}$ никак не связаны друг с другом

180. Частица движется в потенциале $U(x)$. Коммутатор операторов Гамильтона и четности $\hat{P}$ для такой частицы равен

А. нулю

Б. $U(-x)$

В. $(U(x) - U(-x))$

Г. $(U(x) - U(-x))\hat{P}$

181. Потенциальная энергия частицы – четная функция координаты. Волновая функция третьего возбужденного стационарного состояния дискретного спектра (четвертого по счету состояния в порядке возрастания энергии)

А. четная

Б. нечетная

В. неопределенной четности

Г. четность зависит от конкретного вида потенциала

182. Потенциальная энергия частицы $U(x) = \alpha x^4$, где $\alpha > 0$ – некоторое число. Волновая функция четвертого возбужденного состояния дискретного спектра (пятого по счету состояния в порядке возрастания энергии)

А. четная

Б. нечетная

В. неопределенной четности

Г. четность зависит от α

183. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ – четная функция координаты. Что можно сказать о волновых функциях стационарных состояний дискретного спектра?

А. все четные

Б. все нечетные

В. не обладают определенной четностью

Г. четность чередуется (четная-нечетная-четная и т.д.) с увеличением энергии состояния

184. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ – нечетная функция координаты. Что можно сказать о волновых функциях стационарных состояний дискретного спектра?

А. все четные

Б. все нечетные

В. не обладают определенной четностью

Г. четность чередуется (четная-нечетная-четная и т.д.) с увеличением энергии состояния

185. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ – четная функция координаты. Что можно сказать о волновых функциях стационарных состояний непрерывного спектра?

А. все четные

Б. все нечетные

В. их можно выбрать так, чтобы одна была четная, вторая нечетная

Г. четность чередуется (четная-нечетная-четная и т.д.) с увеличением энергии состояния

186. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ – нечетная функция координаты. Что можно сказать о волновых функциях стационарных состояний непрерывного спектра?

А. все четные

Б. все нечетные

В. можно выбрать так, чтобы одна была четная, вторая нечетная

Г. обладают неопределенной четностью

2.2. Бесконечно глубокая одномерная прямоугольная потенциальная яма

187. Частица находится в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Что можно сказать о собственных значениях оператора Гамильтона?

- А. все относятся к непрерывному спектру
- Б. все относятся к дискретному спектру
- В. часть относится к непрерывному спектру, часть – к дискретному
- Г. это зависит от ширины ямы

188. Какой формулой определяются энергии стационарных состояний частицы массой m в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме шириной a (здесь $n = 1, 2, 3, \dots$)?

- А. $\frac{\pi^2 \hbar^2 n}{2ma^2}$
- Б. $\frac{\pi^2 \hbar^2 (n+1/2)}{2ma^2}$
- В. $\frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2ma^2}$
- Г. $\frac{\pi^2 \hbar^2 (n^2 + 1/2)}{2ma^2}$

189. Какой формулой определяются собственные функции гамильтониана частицы массой m в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$?

- А. $A \sin \frac{\pi n x}{a}$
- Б. $A \cos \frac{\pi n x}{a}$
- В. $A \exp \left(i \frac{\pi n x}{a} \right)$
- Г. $A \exp \left(-i \frac{\pi n x}{a} \right)$ ($n = 1, 2, 3, \dots$, A – постоянная)

190. Какой формулой определяются собственные функции гамильтониана частицы массой m в бесконечно глубокой потенциальной яме, расположенной между точками $x = -a/2$ и $x = a/2$?

- А. $A \sin \left(\frac{\pi n x}{a} + \pi n \right)$
 - Б. $A \sin \left(\frac{\pi n x}{a} + \frac{\pi n}{2} \right)$
 - В. $A \cos \left(\frac{\pi n x}{a} + \pi n \right)$
 - Г. $A \cos \left(\frac{\pi n x}{a} + \frac{\pi n}{2} \right)$
- ($n = 1, 2, 3, \dots$, A – постоянная)

191. Частица находится в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$. Каким нужно выбрать множитель перед волновой функцией стационарного состояния частицы $\psi(x) \sim \sin(\pi n x / a)$, чтобы эта функция была нормирована на единицу?

- А. $\sqrt{\frac{a}{2}}$ Б. $\sqrt{\frac{na}{2}}$ В. $\sqrt{\frac{2}{a}}$ Г. $\sqrt{\frac{2}{na}}$

192. Все уровни энергии частицы в одномерной бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме

- А. не вырождены
Б. двукратно вырождены
В. часть уровней не вырождена, часть – двукратно вырождена
Г. трехкратно вырождены

193. Какова кратность вырождения 100-го уровня энергии частицы в одномерной бесконечно глубокой яме?

- А. 1 Б. 2 В. 3 Г. 100

194. Частица находится в бесконечно глубокой потенциальной яме в таком состоянии, в котором ее энергия имеет определенное значение. Как средняя координата частицы зависит от времени в этом состоянии?

- А. убывает Б. возрастает
В. не меняется Г. это зависит от гамильтониана

195. Частица находится в бесконечно глубокой потенциальной яме. Какие из нижеперечисленных величин являются интегралами движения?

- А. координата Б. импульс
В. энергия Г. потенциальная энергия

196. Частица находится в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = -a/2$ и $x = a/2$. Какие из нижеперечисленных величин являются интегралами движения?

- А. координата Б. импульс
В. четность Г. потенциальная энергия

197. Частица находится в некотором стационарном состоянии в бесконечно глубокой потенциальной яме. Средние значения каких физических величин не зависят от времени в этом состоянии?

А. только координаты

Б. только энергии

В. только импульса

Г. любых

198. Частица находится в n -м стационарном состоянии в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме. Как среднее значение координаты частицы зависит от n ?

А. возрастает с ростом n

Б. убывает с ростом n

В. не зависит от n

Г. при малых n возрастает, при больших убывает с ростом n

199. Частица находится в n -м стационарном состоянии в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = -a/2$ и $x = a/2$. Как средний квадрат координаты зависит от квантового числа n этого состояния?

А. растет с ростом n

Б. убывает с ростом n

В. не зависит от n

Г. это зависит от ширины ямы

200. Частица находится в 2007 стационарном состоянии в бесконечно глубокой потенциальной яме (основное состояние – первое). Сколько нулей во внутренней области ямы (исключая нули на границах) имеет волновая функция частицы?

А. 2005

Б. 2006

В. 2007

Г. 2008

201. Частица находится в некотором стационарном состоянии в бесконечно глубокой потенциальной яме. Будет ли энергия частицы иметь определенное значение?

А. да

Б. нет

В. зависит от состояния

Г. зависит от ширины ямы

202. Частица находится в нестационарном состоянии в бесконечно глубокой яме. Будет ли энергия частицы иметь определенное значение?

А. да

Б. нет

В. зависит от состояния

Г. определенность энергии и

стационарность состояния никак не связаны между собой

203. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A \left(\sin \frac{\pi x}{a} + \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$, где a – ширина ямы, A – постоянная

(яма расположена между точками $x = 0$ и $x = a$). Будет ли это состояние стационарным?

А. да

Б. нет

В. зависит от A

Г. бессмысленный вопрос

204. Будут ли волновые функции стационарных состояний частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме обладать определенной четностью по отношению к центру ямы?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. бессмысленный вопрос

205. Частица находится в 2007 стационарном состоянии в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной симметрично относительно начала координат (основное состояние – первое). Волновая функция частицы будет

А. четной функцией координаты

Б. нечетной функцией координаты

В. обладать неопределенной четностью

Г. это зависит от ширины ямы

206. Волновые функции частицы, находящейся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме

А. непрерывны, но имеют разрывную в некоторых точках первую производную

Б. непрерывны и имеют непрерывную первую производную

В. непрерывны и имеют непрерывную вторую производную

Г. непрерывны и имеют непрерывную третью производную

207. Частица находится в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в таком состоянии, в котором ее энергия имеет

определенное значение $\frac{4\pi^2\hbar^2}{2ma^2}$ (m – масса частицы, яма расположена между точками $x = 0$ и $x = a$). Какой из нижеприведенных

формул определяется волновая функция частицы (с точностью до множителя)?

А. $\sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right)\exp\left(-i\frac{\pi^2\hbar t}{2ma^2}\right)$

Б. $\exp\left(i\frac{\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{4\pi^2\hbar t}{2ma^2}\right)$

В. $\sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right)\exp\left(-i\frac{4\pi^2\hbar t}{2ma^2}\right)$

Г. $\exp\left(-i\frac{2\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{4\pi^2\hbar t}{2ma^2}\right)$

208. Какой формулой может описываться волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме (A – постоянная, яма расположена между точками $x = 0$ и $x = a$)?

А. $\Psi(x, t) = A \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) \exp\left(-i \frac{\pi^2 \hbar t}{2ma^2}\right)$

Б. $\Psi(x, t) = A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp\left(-i \frac{\pi^2 \hbar t}{2ma^2}\right)$

В. $\Psi(x, t) = A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp\left(-i \frac{4\pi^2 \hbar t}{2ma^2}\right)$

Г. $\Psi(x, t) = A \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp\left(i \frac{\pi^2 \hbar t}{2ma^2}\right)$

209. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A \left(\sin \frac{\pi x}{a} + \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$, где A – постоянная (яма расположена между точками $x = 0$ и $x = a$). Чему равна средняя энергия частицы в этом состоянии?

А. $\bar{E} = \frac{\pi^2 \hbar^2}{5ma^2}$ Б. $\bar{E} = \frac{2\pi^2 \hbar^2}{5ma^2}$ В. $\bar{E} = \frac{3\pi^2 \hbar^2}{5ma^2}$ Г. $\bar{E} = \frac{4\pi^2 \hbar^2}{5ma^2}$

210. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A \left(\sin \frac{\pi x}{a} + \frac{1}{3} \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$, где A – постоянная (яма расположена между точками $x = 0$ и $x = a$). Чему равны вероятности значений энергии E_1 и E_2 в этом состоянии?

А. $w(E_1) = \frac{3}{4}$, $w(E_2) = \frac{1}{4}$ Б. $w(E_1) = \frac{5}{6}$, $w(E_2) = \frac{1}{6}$
 В. $w(E_1) = \frac{7}{8}$, $w(E_2) = \frac{1}{8}$ Г. $w(E_1) = \frac{9}{10}$, $w(E_2) = \frac{1}{10}$

211. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A \left(\sin \frac{\pi x}{a} + \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$, где A – постоянная (яма расположена

между точками $x = 0$ и $x = a$). Что можно сказать о средней координате частицы в этом состоянии?

А. $> a/2$

Б. $< a/2$

В. $= a/2$

Г. среднюю координату посчитать нельзя

212. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A \left(\sin \frac{\pi x}{a} + \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$, где A – постоянная (яма расположена

между точками $x = 0$ и $x = a$). Как средний импульс в этом состоянии зависит от времени?

А. всегда растёт

Б. всегда убывает

В. не зависит от времени

Г. осциллирует

213. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A \left(\sin \frac{\pi x}{a} + \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$, где A – постоянная (яма расположена

между точками $x = 0$ и $x = a$). Как средняя четность относительно середины ямы в этом состоянии зависит от времени?

А. всегда растёт

Б. всегда убывает

В. не зависит от времени

Г. осциллирует

214. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A \left(\sin \frac{\pi x}{a} + \sin \frac{2\pi x}{a} \right)$, где A – постоянная (яма расположена

между точками $x = 0$ и $x = a$). С какой частотой осциллирует средняя координата частицы?

А. $\frac{3\pi^2\hbar}{2ma^2}$

Б. $\frac{\pi^2\hbar}{2ma^2}$

В. $\frac{2\pi^2\hbar}{ma^2}$

Г. $\frac{5\pi^2\hbar}{2ma^2}$

215. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A\left(\sin \frac{\pi x}{a} + \sin \frac{3\pi x}{a}\right)$, где A – постоянная (яма расположена

между точками $x = 0$ и $x = a$). Как средняя координата частицы в этом состоянии зависит от времени?

А. всегда растет

Б. всегда убывает

В. осциллирует

Г. не зависит от времени

216. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A\left(\sin \frac{\pi x}{a} + \sin \frac{3\pi x}{a}\right)$, где A – постоянная (яма расположена

между точками $x = 0$ и $x = a$). Что можно сказать о средней координате частицы в этом состоянии?

А. $> a/2$

Б. $< a/2$

В. $= a/2$

Г. среднюю координату посчитать нельзя

217. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A\left(\sin \frac{\pi nx}{a} + \sin \frac{\pi(n+2)x}{a}\right)$, где A – постоянная (яма распо-

ложена между точками $x = 0$ и $x = a$). Как средняя четность этого состояния (относительно центра ямы) зависит от времени?

А. всегда растет

Б. всегда убывает

В. осциллирует

Г. не зависит

218. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A\left(\sin \frac{\pi nx}{a} + \sin \frac{\pi(n+1)x}{a}\right)$, где A – постоянная (яма распо-

ложена между точками $x = 0$ и $x = a$). Как средняя четность этого состояния (относительно центра ямы) зависит от времени?

А. всегда растет

Б. всегда убывает

В. осциллирует

Г. не зависит от времени

219. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет

вид $A\left(\sin \frac{\pi nx}{a} + \sin \frac{\pi kx}{a}\right)$, где A – постоянная, n и k – целые

числа (яма расположена между точками $x=0$ и $x=a$). Какой должна быть постоянная A , чтобы эта функция была нормирована на единицу?

А. $A = \sqrt{\frac{1}{a}}$

Б. $A = \sqrt{\frac{2}{a}}$

В. $A = \sqrt{\frac{kn}{a}}$

Г. $A = \sqrt{\frac{1}{kna}}$

220. Волновая функция частицы, находящейся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме шириной a имеет вид

$A \sin \frac{3\pi x}{a} \cos \frac{7\pi x}{a}$, где A – постоянная (яма расположена между

точками $x=0$ и $x=a$). Средняя энергия частицы равна

А. $\frac{27\pi^2 \hbar^2}{ma^2}$

Б. $\frac{28\pi^2 \hbar^2}{ma^2}$

В. $\frac{29\pi^2 \hbar^2}{ma^2}$

Г. $\frac{30\pi^2 \hbar^2}{ma^2}$

221. Волновая функция частицы массой m в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $A \sin(\pi x/a) \cos(2\pi x/a)$, где A – постоянная (яма расположена между точками $x=0$ и $x=a$). Какие значения энергии частицы могут быть обнаружены при измерениях и с какими вероятностями?

А. определенное значение $\frac{4\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$

Б. $\frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ и $\frac{9\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ с вероятностями $\frac{1}{2}$

В. $\frac{9\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ и $\frac{16\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$ с вероятностями $\frac{1}{2}$

Г. определенное значение $\frac{9\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$

222. Какой формулой не может описываться волновая функция частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме шириной a (A и B – постоянные)?

А. $A \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{4\pi^2 \hbar t}{2ma^2}} + B \sin\left(\frac{3\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{9\pi^2 \hbar t}{2ma^2}}$

Б. $A \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{4\pi^2 \hbar t}{2ma^2}} - iB \sin\left(\frac{5\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{25\pi^2 \hbar t}{2ma^2}}$

В. $A \sin\left(\frac{2\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{4\pi^2 \hbar t}{2ma^2}} - e^{2i} B \sin\left(\frac{3\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{\pi^2 \hbar t}{2ma^2}}$

Г. $A \sin\left(\frac{4\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{16\pi^2 \hbar t}{2ma^2}} - e^{3i} B \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right) e^{-i\frac{\pi^2 \hbar t}{2ma^2}}$

223. Волновая функция частицы массой m в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $Ax(x-a)^2$ (яма расположена между точками $x=0$ и $x=a$). Измеряют энергию частицы. Можно ли обнаружить при этом значение $\frac{7\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$?

А. да

Б. это зависит от способа измерения

В. нет

Г. это зависит от ширины ямы

224. Волновая функция частицы массой m в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $Ax(x-a)$, где A – постоянная (яма расположена между точками $x=0$ и $x=a$). Измеряют энергию частицы. Можно ли обнаружить при этом значение $\frac{4\pi^2 \hbar^2}{2ma^2}$?

А. да

Б. это зависит от способа измерения

В. нет

Г. это зависит от ширины ямы

225. Волновая функция частицы массой m в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме в некоторый момент времени имеет вид $Ax(x-a)$, где A – постоянная (яма расположена между

точками $x = 0$ и $x = a$). Измеряют энергию частицы. Можно ли обнаружить при этом значение $\frac{9\pi^2\hbar^2}{2ma^2}$?

- А. да
Б. нет
В. зависит от способа измерения
Г. зависит от ширины ямы

2.3. Гармонический осциллятор

226. Какой формулой определяются энергии собственных состояний одномерного гармонического осциллятора с частотой ω ?

- А. $\hbar\omega(n^2 + 1/2)$ Б. $\hbar\omega(n + 1/2)$ В. $\hbar\omega n$

Г. $\hbar\omega n^2$ ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$)

227. Какой формулой определяются собственные функции гамильтониана гармонического осциллятора ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора)?

А. $P_n(x) \exp(-x^2/2)$ (P_n – полиномы Лежандра)

Б. $L_n(x) \exp(-x^2/2)$ (L_n – полиномы Лагерра)

В. $P_n^{|m|}(x) \exp(-x^2/2)$ ($P_n^{|m|}$ – присоединенные полиномы Лежандра)

Г. $H_n(x) \exp(-x^2/2)$ (H_n – полиномы Эрмита, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$).

228. Какой формулой определяются собственные функции гамильтониана гармонического осциллятора ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора)?

А. $H_n(x) \exp(-x^2/2)$ Б. $H_n(x) \exp(-x^4/2)$

В. $H_n(x) \exp(-x/2)$ Г. $H_n(x) \exp(-x^2)$ (H_n – полиномы Эрмита, $n = 0, 1, 2, 3, \dots$).

229. Чему равен коэффициент перед x^{99} в сотом полиноме Эрмита $H_{100}(x)$?

- А. 1 Б. $\frac{1}{2}$ В. 0 Г. -1

230. Чему равен коэффициент перед x^2 в восемьдесят седьмом полиноме Эрмита $H_{87}(x)$?

- А. 1 Б. $\frac{1}{2}$ В. 0 Г. -1

231. Какой формулой определяется условие ортогональности полиномов Эрмита?

- А. $\int_{-\infty}^{+\infty} H_n(x)H_m(x)dx \sim \delta_{nm}$ Б. $\int_{-\infty}^{+\infty} H_n(x)H_m(x)x^2dx \sim \delta_{nm}$
 В. $\int_{-\infty}^{+\infty} H_n(x)H_m(x)e^{-x^2}dx \sim \delta_{nm}$ Г. $\int_{-\infty}^{+\infty} H_n(x)H_m(x)\sin x dx \sim \delta_{nm}$

232. Все уровни энергии одномерного гармонического осциллятора

- А. не вырождены Б. двукратно вырождены
 В. часть уровней не вырождена, часть - двукратно вырождена
 Г. кратность вырождения n -го уровня энергии равна n

233. Какая величина, составленная из параметров гармонического осциллятора с массой m и частотой ω , имеет размерность длины (то есть является параметром длины для осциллятора)?

- А. $\sqrt{\frac{m}{\hbar\omega}}$ Б. $\sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$ В. $\sqrt{\frac{m\hbar}{\omega}}$ Г. $\sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}}$

234. Какая величина, составленная из параметров гармонического осциллятора с массой m и частотой ω , имеет размерность энергии (то есть является параметром энергии для осциллятора)?

- А. $\hbar\omega$ Б. $\hbar/\omega$ В. $m\hbar\omega$ Г. $m\hbar/\omega$

235. Какая величина, составленная из параметров гармонического осциллятора с массой m и частотой ω , имеет размерность импульса (то есть является параметром импульса для осциллятора)?

- А. $\frac{1}{\sqrt{\hbar m\omega}}$ Б. $\sqrt{\hbar m\omega}$ В. $m\hbar\omega$ Г. $\frac{1}{\hbar m\omega}$

236. Волновая функция гармонического осциллятора в некоторый момент времени имеет вид $(1 + 2x)\exp(-x^2/2)$ ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора). Какие значения энергии осциллятора могут быть обнаружены при измерениях?

- А. только $\hbar\omega/2$ и $3\hbar\omega/2$ Б. только $3\hbar\omega/2$ и $5\hbar\omega/2$
 В. только $3\hbar\omega/2$ Г. только $\hbar\omega/2$

237. Волновая функция гармонического осциллятора в некоторый момент времени является четной функцией координаты. Можно ли при измерениях энергии осциллятора в этом состоянии обнаружить значение $3\hbar\omega/2$?

- А. да Б. нет В. зависит от способа измерения
Г. зависит от волновой функции

238. Волновая функция гармонического осциллятора в некоторый момент времени имеет неопределенную четность. Можно ли при измерениях энергии осциллятора в этом состоянии обнаружить значение $3\hbar\omega/4$?

- А. да Б. это зависит от способа измерения
В. нет Г. это зависит от волновой функции

239. Осциллятор находится в n -м стационарном состоянии. Чему равна средняя координата осциллятора в этом состоянии?

- А. $\sqrt{\hbar/m\omega}$ Б. $n\sqrt{\hbar/m\omega}$ В. $\sqrt{n\hbar/m\omega}$ Г. 0

240. При измерении энергии осциллятора были обнаружены два значения $\hbar\omega/2$ с вероятностью $1/4$ и $3\hbar\omega/2$ с вероятностью $3/4$. Средняя энергия осциллятора в этом состоянии равна

- А. $\bar{E} = 5\hbar\omega/2$ Б. $\bar{E} = 5\hbar\omega/4$ В. $\bar{E} = 5\hbar\omega/3$
Г. $\bar{E} = 5\hbar\omega/6$

241. При измерении энергии осциллятора в момент времени $t = 0$ были обнаружены два значения $\hbar\omega/2$ с вероятностью $1/4$ и $3\hbar\omega/2$ с вероятностью $3/4$. Чему равна средняя четность осциллятора в некоторый момент времени $t = t_0$?

- А. $\bar{P} = -1/2$ Б. $\bar{P} = -t_0\omega/2$
В. $\bar{P} = +1/2$ Г. $\bar{P} = t_0\omega/2$

242. Осциллятор находится в таком состоянии, в котором его средняя четность равна $\bar{P} = 3/4$. Какие значения энергии осциллятора можно обнаружить при измерениях в этом состоянии?

- А. $\hbar\omega/2$ и $3\hbar\omega/2$ Б. $3\hbar\omega/2$ и $5\hbar\omega/2$
В. $5\hbar\omega/2$ и $7\hbar\omega/2$ Г. мало информации, чтобы ответить

243. Волновая функция гармонического осциллятора в некоторый момент времени имеет вид $(1 - 10x^2) \exp(-x^2/2)$ ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$)

– безразмерная координата осциллятора). Какие значения энергии осциллятора могут быть обнаружены при измерениях?

А. только $\hbar\omega/2$, $3\hbar\omega/2$ и $5\hbar\omega/2$

Б. только $3\hbar\omega/2$ и $5\hbar\omega/2$

В. только $3\hbar\omega/2$

Г. только $\hbar\omega/2$ и $5\hbar\omega/2$

244. Волновая функция гармонического осциллятора в некоторый момент времени имеет вид $(1-10x^6)\exp(-x^2/2)$ ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора). Какие значения энергии осциллятора могут быть обнаружены при измерениях?

А. только $\hbar\omega/2$ и $13\hbar\omega/2$

Б. только $13\hbar\omega/2$

В. $\hbar\omega/2$, $5\hbar\omega/2$ и $13\hbar\omega/2$

Г. только $\hbar\omega/2$, $5\hbar\omega/2$, $9\hbar\omega/2$ и $13\hbar\omega/2$

245. Осциллятор находится в 2007 стационарном состоянии (основное состояние – $n = 0$). Чему равна вероятность обнаружить осциллятор в бесконечно малом интервале dx вблизи точки $x = 0$?

А. $dw = \frac{1}{2007} dx$ Б. $dw = \frac{1}{2007^2} dx$ В. $dw = 2007 dx$

Г. 0

246. При измерениях энергии осциллятора обнаружены нулевое и второе собственные значения с вероятностями $w_0 = 1/4$ и $w_2 = 3/4$. Чему равна средняя энергия осциллятора?

А. $\bar{E} = 2\hbar\omega$

Б. $\bar{E} = 3\hbar\omega$

В. $\bar{E} = 4\hbar\omega$

Г. $\bar{E} = 5\hbar\omega$

247. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ имеет вид $\Psi(x, t = 0) = Ax \exp(-x^4/2)$, где $x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная. Какие значения энергии осциллятора можно обнаружить при измерениях?

А. только $3\hbar\omega/2$

Б. все нечетные собственные значения

В. все четные собственные значения

Г. все собственные значения

248. Осциллятор находится в состоянии, в котором его энергия имеет определенное значение. Будет ли четность осциллятора иметь определенное значение в этом состоянии?

А. да Б. нет В. это зависит от состояния

Г. это зависит от энергии

249. Осциллятор находится в таком состоянии, в котором его энергия может принимать второе и восьмое собственные значения (основное состояние – нулевое). Будет ли четность осциллятора иметь в этом состоянии определенное значение?

А. да, $P = +1$ Б. да, $P = -1$ В. нет

Г. зависит от состояния

250. Осциллятор находится в состоянии, в котором его энергия имеет определенное значение. Будет ли координата осциллятора иметь в этом состоянии определенное значение?

А. да Б. нет

В. это зависит от состояния Г. это зависит от энергии

251. Осциллятор находится в состоянии, в котором его энергия имеет определенное значение. Будет ли импульс осциллятора иметь в этом состоянии определенное значение?

А. да Б. нет В. зависит от состояния

Г. зависит от энергии

252. Для каких значений индексов n и m отличен от нуля инте-

грал $\int_{-\infty}^{+\infty} f_n(x) \hat{x} f_m(x) dx$, где $f_n(x)$ и $f_m(x)$ – собственные функ-

ции осциллятора, $\hat{x}$ – оператор координаты?

А. если индексы n и m совпадают

Б. если индексы n и m – числа одной четности

В. если индексы n и m отличаются на 2

Г. если индексы n и m отличаются на 1

253. Для каких значений индексов n и m отличен от нуля инте-

грал $\int_{-\infty}^{+\infty} f_n(x) \hat{x}^2 f_m(x) dx$, где $f_n(x)$ и $f_m(x)$ – собственные функ-

ции осциллятора, $\hat{x}$ – оператор координаты?

А. только если индексы n и m совпадают

Б. если индексы n и m – числа одной четности

В. если индексы n и m совпадают или отличаются на 2

Г. только если индексы n и m отличаются на 2

254. Какой формулой (с точностью до безразмерного множителя)

определяется интеграл $\int_{-\infty}^{+\infty} f_n(x) \hat{x} f_{n+1}(x) dx$, где $f_n(x)$ и $f_{n+1}(x)$ –

нормированные собственные функции осциллятора, $\hat{x}$ – оператор координаты?

А. $\sim \sqrt{\hbar / m\omega}$

Б. $\sim \sqrt{m\omega / \hbar}$

В. $\sim \sqrt{\omega / m\hbar}$

Г. $\sim \sqrt{\hbar\omega / m}$

255. Для каких значений индексов n и m отличен от нуля инте-

грал $\int_{-\infty}^{+\infty} f_n(x) \hat{p}_x f_m(x) dx$, где $f_n(x)$ и $f_m(x)$ – собственные функ-

ции осциллятора, $\hat{p}_x$ – оператор импульса?

А. если индексы n и m совпадают

Б. если индексы n и m отличаются на 1

В. если индексы n и m отличаются на 2

Г. если индексы n и m – числа одной четности

256. Для каких значений индексов n и m отличен от нуля инте-

грал $\int_{-\infty}^{+\infty} f_n(x) \hat{p}_x^2 f_m(x) dx$, где $f_n(x)$ и $f_m(x)$ – собственные

функции осциллятора, $\hat{p}_x$ – оператор импульса?

А. только если индексы n и m совпадают

Б. только если индексы n и m отличаются на 2

В. если индексы n и m совпадают или отличаются на 2

Г. если индексы n и m – числа одной четности

257. Какой формулой (с точностью до безразмерного множителя)

определяется интеграл $\int_{-\infty}^{+\infty} f_n(x) \hat{p} f_{n+1}(x) dx$, где $f_n(x)$ и $f_{n+1}(x)$ –

нормированные собственные функции осциллятора, $\hat{p}$ – оператор импульса?

А. $\sim \sqrt{\hbar m / \omega}$

Б. $\sim \sqrt{\hbar m \omega}$

$$B. \sim 1/\sqrt{\hbar m \omega}$$

$$Г. \sim \sqrt{\hbar \omega / m}$$

258. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ равна

$$A. (1+x)\exp(-x^2/2)$$

$$B. (1+x^2)\exp(-x^2/2)$$

$$B. (H_0(x) + H_3(x))\exp(-x^2/2)$$

$$Г. x^4 \exp(-x^2/2),$$

где $x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, $H_0(x)$ и $H_3(x)$ – нулевой и третий полиномы Эрмита. В каком из этих состояний средняя координата осциллятора зависит от времени?

259. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ равна

$$A. (1+2x)\exp(-x^2/2)$$

$$B. (1+2x^2)\exp(-x^2/2)$$

$$B. (H_0(x) + 2H_3(x))\exp(-x^2/2)$$

$$Г. 2x^4 \exp(-x^2/2),$$

где $x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, $H_0(x)$ и $H_3(x)$ – нулевой и третий полиномы Эрмита. В каком из этих состояний средний импульс осциллятора зависит от времени?

260. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ имеет вид $\Psi(x, t=0) = A\exp(-x^2/2)$, где $x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная. Как будет зависеть от времени средний импульс осциллятора в этом состоянии?

A. не будет меняться

B. будет расти

B. будет убывать

Г. будет осциллировать

261. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ имеет вид $\Psi(x, t=0) = A(1+x)\exp(-x^2/2)$, где $x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная. Как будет зависеть от времени средний импульс осциллятора в этом состоянии?

A. будет расти

B. будет убывать

B. не будет меняться

Г. будет осциллировать

262. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ имеет вид $\Psi(x, t=0) = A(1+x)\exp(-x^2/2)$, где $x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная. Как будет зави-

сеть от времени средняя координата осциллятора в этом состоянии?

А. не будет меняться

Б. будет расти

В. будет убывать

Г. будет осциллировать

263. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ имеет вид $\Psi(x, t = 0) = A(1 + x) \exp(-x^2 / 2)$, где $x = x / \sqrt{\hbar / m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная. С какой частотой будет осциллировать средняя координата осциллятора в этом состоянии как функция времени?

А. с частотой осциллятора

Б. с удвоенной частотой осциллятора

В. с половинной частотой осциллятора

Г. средняя координата осциллятора в рассматриваемом состоянии не зависит от времени

264. Волновая функция осциллятора в момент времени $t = 0$ имеет вид $\Psi(x, t = 0) = A(1 + x) \exp(-x^2 / 2)$, где $x = x / \sqrt{\hbar / m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная. Как будет зависеть от времени средняя энергия осциллятора в этом состоянии?

А. не будет меняться

Б. будет возрастать

В. будет убывать

Г. будет осциллировать

265. Энергия осциллятора может принимать нулевое и второе собственные значения. Как средний импульс осциллятора зависит от времени в рассматриваемом состоянии?

А. растет

Б. убывает

В. осциллирует

Г. не зависит от времени

266. Осциллятор находится в состоянии, в котором его энергия имеет определенное значение. Как средняя координата осциллятора зависит от времени в этом состоянии?

А. растет

Б. убывает

В. не зависит от времени

Г. осциллирует

267. Какие из перечисленных величин будут интегралами движения для гармонического осциллятора?

А. координата

Б. импульс

В. четность

Г. никакие из перечисленных

268. Какой формулой может описываться волновая функция осциллятора с частотой ω ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная)?

А. $\Psi(x,t) = Ae^{-x^2/2}e^{-3i\omega t/2}$

Б. $\Psi(x,t) = Ae^{-x^2/2}e^{i\omega t/2}$

В. $\Psi(x,t) = Axe^{-x^2/2}e^{-3i\omega t/2}$

Г. $\Psi(x,t) = Ax^2e^{-x^2/2}e^{-5i\omega t/2}$

269. Какой формулой может описываться волновая функция осциллятора с частотой ω ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A и B – постоянные)?

А. $\Psi(x,t) = (Ae^{-3i\omega t/2} + Bxe^{-i\omega t/2})e^{-x^2/2}$

Б. $\Psi(x,t) = (Ae^{-i\omega t/2} + Bxe^{-3i\omega t/2})e^{-x^2/2}$

В. $\Psi(x,t) = (Ae^{3i\omega t/2} + Bxe^{i\omega t/2})e^{-x^2/2}$

Г. $\Psi(x,t) = (Ae^{i\omega t/2} + Bxe^{3i\omega t/2})e^{-x^2/2}$

270. Какая из перечисленных функций является волновой функцией $\Psi(x,t)$ стационарного состояния осциллятора ($x = x/\sqrt{\hbar/m\omega}$ – безразмерная координата осциллятора, A – постоянная)?

А. $\Psi(x,t) = Ae^{-x^2/2}$

Б. $\Psi(x,t) = Axe^{-x^2/2}e^{3i\omega t/2}$

В. $\Psi(x,t) = A(e^{-x^2/2}e^{-i\omega t/2} + xe^{-x^2/2}e^{-3i\omega t/2})$

Г. $\Psi(x,t) = Axe^{-x^2/2}e^{-3i\omega t/2}$

271. Осциллятор находится в стационарном состоянии. При измерении энергии осциллятора могут быть получены

А. единственное значение с единичной вероятностью

Б. два значения с одинаковыми вероятностями

В. три значения с одинаковыми вероятностями

Г. это несвязанные вещи

272. Осциллятор находится в n -м стационарном состоянии. Как средний импульс осциллятора зависит от n ?

А. растет

Б. убывает

В. не зависит от n

Г. при малых n растет, при больших – убывает.

273. Осциллятор находится в n -м стационарном состоянии. Как величина $\overline{x^2}$ зависит от n ?

А. не зависит

Б. как $\sqrt{n}$

В. как n

Г. как n^2

2.4. Непрерывный спектр. Прохождение через барьеры

274. Состояние частиц описывается ненормируемой волновой функцией $\psi(x)$. Что можно определить с помощью этой функции?

А. вероятность обнаружить частицу в некотором малом интервале координаты (как $|\psi(x)|^2 dx$)

Б. отношение вероятностей обнаружить частицу в тех или иных точках пространства (как $|\psi(x_1)|^2 / |\psi(x_2)|^2$)

В. линии уровня (из решения уравнения $\psi(x) = 0$)

Г. никакие наблюдаемые величины с помощью такой функции определить нельзя

275. Волновая функция свободной частицы имеет вид $e^{ikx} - e^{-ikx}$, где k – некоторое число. Сравнить вероятность обнаружить частицу в этом состоянии в малом интервале координат около точки с координатой $x = \pi / 4k$ ($w(x = \pi / 4k)$) и вероятность обнаружить частицу в этом состоянии в том же интервале координат около точки с координатой $x = \pi / 3k$ ($w(x = \pi / 3k)$).

А. $w(x = \pi / 4k) > w(x = \pi / 3k)$

Б. $w(x = \pi / 4k) < w(x = \pi / 3k)$

В. $w(x = \pi / 4k) = w(x = \pi / 3k)$

Г. информации для ответа недостаточно

276. Волновая функция свободной частицы имеет вид e^{ikx} , где k – некоторое число. Сравнить вероятность обнаружить частицу в этом состоянии в малом интервале координат около точки с координатой $x = \pi / 4k$ ($w(x = \pi / 4k)$) и вероятность обнаружить частицу в

этом состоянии в том же интервале координат около точки с координатой $x = \pi / 3k$ ($w(x = \pi / 3k)$).

А. $w(x = \pi / 4k) > w(x = \pi / 3k)$

Б. $w(x = \pi / 4k) < w(x = \pi / 3k)$

В. $w(x = \pi / 4k) = w(x = \pi / 3k)$

Г. информации для ответа недостаточно

277. Волновая функция свободной частицы имеет вид $e^{ikx} + e^{-ikx}$, где k – некоторое число. Сравнить вероятность обнаружить частицу в этом состоянии в малом интервале координат около точки с координатой $x = \pi / 6k$ ($w(x = \pi / 6k)$) и вероятность обнаружить частицу в этом состоянии во вдвое большем интервале координат около точки с координатой $x = \pi / 3k$ ($w(x = \pi / 3k)$)

А. $w(x = \pi / 4k) > w(x = \pi / 3k)$

Б. $w(x = \pi / 4k) < w(x = \pi / 3k)$

В. $w(x = \pi / 4k) = w(x = \pi / 3k)$

Г. информации для ответа недостаточно

278. Функция e^{ikx} , где k – некоторое положительное число, описывает поток частиц, распространяющихся

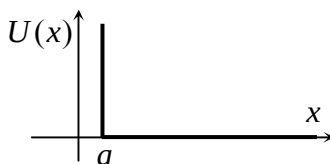
А. в положительном направлении оси x

Б. в отрицательном направлении оси x

В. в среднем покоящихся частиц, так как вероятность обнаружить их в разных точках пространства в таком состоянии одинакова

Г. информации для ответа недостаточно

279. Потенциальная энергия частицы равна нулю при $x > a$ и бесконечности при $x < a$ (см. рисунок). Какие значения энергии являются собственными значениями гамильтониана?



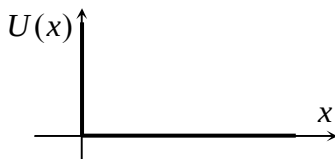
А. любые

Б. любые положительные

В. большие, чем a

Г. целые положительные

280. Потенциальная энергия частицы равна нулю при $x > 0$ и бесконечности при $x < 0$ (см. рисунок). Какой из нижеследующих формул определяются собственные функции гамильтониана, отвечающие собствен-



ному значению E (A – постоянная, $k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы)?

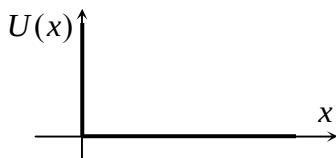
А. $f(x) = A \exp(-ikx)$

Б. $f(x) = A \cos kx$

В. $f(x) = A \exp(ikx)$

Г. $f(x) = A \sin kx$

281. Потенциальная энергия частицы равна нулю при $x > 0$ и бесконечности при $x < 0$ (см. рисунок). Какова кратность вырождения собственных значений гамильтониана частицы?



А. 1

Б. 2

В. 3

Г. часть собственных значений невырождена, часть – двукратно вырождена

282. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ – четная функция координат и отлична от нуля в конечной области. Будут ли волновые функции стационарных состояний непрерывного спектра обладать определенной четностью?

А. да

Б. нет

В. вообще говоря, нет, но могут быть выбраны так, чтобы обладали Г. это зависит от потенциала

283. В каком из нижеперечисленных состояний свободной частицы ($U(x) = 0$) и энергия и импульс частицы имеют определенные значения?

А. $e^{ikx} + e^{-ikx}$

Б. $e^{ikx} - e^{-ikx}$

В. таких состояний не существует

Г. e^{-ikx}

284. В каком из перечисленных состояний свободной частицы ($U(x) = 0$) энергия частицы имеет определенное значение, а импульс нет?

А. e^{ikx}

Б. $e^{ikx} - e^{-ikx}$

В. таких состояний не существует

Г. e^{-ikx}

285. В каком из перечисленных состояний свободной частицы ($U(x) = 0$) импульс частицы имеет определенное значение, а энергия нет?

А. e^{ikx}

Б. $e^{ikx} - e^{i2kx}$

В. таких состояний не существует

Г. e^{-ikx}

286. Будет ли импульс свободной частицы ($U(x) = 0$) иметь определенное значение в состояниях с определенной энергией?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. это зависит от энергии

287. Будет ли энергия свободной частицы ($U(x) = 0$) иметь определенное значение в состояниях с определенным импульсом?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. это зависит от импульса

288. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ отлична от нуля в конечной области. Частица находится в стационарном состоянии непрерывного спектра. Что можно сказать об энергии частицы?

А. имеет определенное отрицательное значение

Б. имеет определенное положительное значение

В. имеет неопределенное отрицательное значение

Г. имеет неопределенное положительное значение

289. Потенциальная энергия частицы отлична от нуля в конечной области. Волновая функция при $x \rightarrow +\infty$ в некоторый момент времени имеет вид $e^{ikx} + 2e^{-ikx}$, где k – некоторое число. Измеряют энергию частицы. Какие значения можно получить и с какими вероятностями (m – масса частицы)?

А. $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ с единичной вероятностью

Б. $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ и $E = -\hbar^2 k^2 / 2m$ с одинаковыми вероятностями

В. $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ с вероятностью 1/5 и $E = -\hbar^2 k^2 / 2m$ с вероятностью 4/5

Г. информации недостаточно, чтобы ответить на этот вопрос

290. Потенциальная энергия частицы отлична от нуля в конечной области. Волновая функция при $x \rightarrow +\infty$ в некоторый момент времени имеет вид $e^{ikx} + 2e^{-2ikx}$, где k – некоторое число. Измеряют

энергию частицы. Какие значения можно получить и с какими вероятностями (m – масса частицы)?

А. $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ с единичной вероятностью

Б. $E = 4\hbar^2 k^2 / 2m$ и $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ с одинаковыми вероятностями

В. $E = -\hbar^2 k^2 / 2m$ с вероятностью $4/5$ и $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ с вероятностью $1/5$

Г. $E = 4\hbar^2 k^2 / 2m$ с вероятностью $4/5$ и $E = \hbar^2 k^2 / 2m$ с вероятностью $1/5$

291. Волновая функция частицы в некоторый момент времени имеет вид $ae^{ibx} + ce^{-id x}$, где a , b , c и d – некоторые действительные числа. Измеряют модуль импульса частицы. Какие значения можно получить и с какими вероятностями?

А. $\hbar a$ и $\hbar c$ с вероятностями b^2 и d^2 соответственно

Б. $\hbar a$ и $\hbar c$ с вероятностями $b^2 / (b^2 + d^2)$ и $d^2 / (b^2 + d^2)$ соответственно

В. $\hbar b$ и $\hbar d$ с вероятностями a^2 и c^2 соответственно

Г. $\hbar b$ и $\hbar d$ с вероятностями $a^2 / (a^2 + c^2)$ и $c^2 / (a^2 + c^2)$ соответственно

292. Волновая функция свободной частицы ($U(x) = 0$) в некоторый момент времени имеет вид $ae^{ibx} + ce^{-ibx}$, где a , b и c – некоторые действительные числа. Измеряют энергию частицы. Какие значения будут получены в результате измерений и с какими вероятностями (m – масса частицы)?

А. b и $-b$ с вероятностями $a^2 / (a^2 + c^2)$ и $c^2 / (a^2 + c^2)$ соответственно

Б. b с единичной вероятностью

В. $\hbar^2 b^2 / 2m$ и $-\hbar^2 b^2 / 2m$ с вероятностями $a^2 / (a^2 + c^2)$ и $c^2 / (a^2 + c^2)$ соответственно

Г. $\hbar^2 b^2 / 2m$ с единичной вероятностью

293. Волновая функция свободной частицы ($U(x) = 0$) в некоторый момент времени имеет вид $Ae^{iax} + B_1 e^{ibx} + B_2 e^{-ibx}$, где

a и b – некоторые действительные числа, A, B_1, B_2 – некоторые комплексные числа, сумма квадратов модулей которых равна единице. Какие значения может принимать энергия частицы в этом состоянии и с какими вероятностями (m – масса частицы)?

А. $\hbar^2 a^2 / 2m$ с вероятностью $|A|^2$, $\hbar^2 b^2 / 2m$ с вероятностью $|B_1|^2$ и $-\hbar^2 b^2 / 2m$ с вероятностью $|B_2|^2$

Б. $\hbar^2 a^2 / 2m$ с вероятностью $|A|^2$ и $\hbar^2 b^2 / 2m$ с вероятностью $|B_1|^2 + |B_2|^2$

В. $\hbar^2 a^2 / 2m$ с вероятностью $|A|^2$ и $-\hbar^2 b^2 / 2m$ с вероятностью $|B_1|^2 + |B_2|^2$

Г. $\hbar^2 a^2 / 2m$ с вероятностью $|A|^2$ и $\hbar^2 b^2 / 2m$ с вероятностью $|B_1 + B_2|^2$

294. В некоторый момент времени свободная частица находится в состоянии с определенным значением координаты $x = a$. Является ли это состояние стационарным?

А. да Б. нет В. зависит от a

Г. зависит от энергии

295. В некоторый момент времени свободная частица находится в состоянии с определенным значением импульса $p = p_0$. Является ли это состояние стационарным?

А. да Б. нет В. зависит от p_0

Г. зависит от энергии

296. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ равна нулю. Какой из нижеприведенных формул может описываться волновая функция стационарного состояния частицы при энергии E ($k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$, m – масса частицы)?

А. $\sin(kx) \exp(iEt / \hbar)$

Б. $\exp(ikx) \cos(Et / \hbar)$

В. $\cos(kx) \exp(-iEt / \hbar)$

Г. $\exp(-ikx) \sin(Et / \hbar)$

($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы): $\frac{1}{\sqrt{2}}e^{-ikx}$ при $x \rightarrow -\infty$ и

$\frac{1}{2}e^{ikx} - \frac{i\sqrt{3}}{2}e^{-ikx}$ при $x \rightarrow \infty$. Чему равны коэффициенты отраже-

ния R и прохождения T ?

А. $R = 1/4$, $T = 3/4$

Б. $R = 3/4$, $T = 1/4$

В. $R = 1/3$, $T = 2/3$

Г. такие асимптотики волновая функция иметь не может

308. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ отлична от нуля в конечной области. Волновая функция стационарного состояния частицы в некоторый момент времени имеет следующие асимптотики

($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы): $\frac{1}{3}e^{-ikx} - \frac{i\sqrt{10}}{3}e^{ikx}$ при

$x \rightarrow -\infty$ и e^{ikx} при $x \rightarrow \infty$. Чему равны коэффициенты отражения R и прохождения T ?

А. $R = 1/10$, $T = 9/10$

Б. $R = 1/9$, $T = 8/9$

В. $R = 9/10$, $T = 1/10$

Г. такие асимптотики волновая функция иметь не может

309. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ отлична от нуля в конечной области. Волновая функция стационарного состояния частицы имеет асимптотику $\frac{1}{2}e^{-ikx} - \frac{i\sqrt{3}}{2}e^{ikx}$ при $x \rightarrow -\infty$. Измеряют

поток частиц в этом состоянии в области действия потенциала при $x = 0$. Какое значение будет получено?

А. $-\frac{\hbar k}{2m}$

Б. $\frac{\hbar k}{2m}$

В. $-\frac{\hbar k}{4m}$

Г. мало информации (нужно знать волновую функцию и ее производную при $x = 0$)

310. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ отлична от нуля в конечной области. Волновая функция стационарного состояния частицы в некоторый момент времени имеет следующие асимптотики:

$$\frac{1}{3}e^{ikx} - \frac{i\sqrt{10}}{3}e^{-ikx} \text{ при } x \rightarrow -\infty \text{ и } e^{-ikx} \text{ при } x \rightarrow \infty. \text{ Где распо-}$$

жены источники частиц?

А. только на $+\infty$

Б. только на $-\infty$

В. и на $+\infty$ и на $-\infty$

Г. такие асимптотики волновая функция иметь не может

311. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ отлична от нуля в конечной области. Волновая функция стационарного состояния частицы в некоторый момент времени имеет следующие асимптотики:

$$\frac{1}{3}e^{ikx} - \frac{i\sqrt{10}}{3}e^{-ikx} \text{ при } x \rightarrow -\infty \text{ и } e^{ikx} \text{ при } x \rightarrow \infty. \text{ Где расположе-}$$

ны источники частиц?

А. только на $+\infty$

Б. только на $-\infty$

В. и на $+\infty$ и на $-\infty$

Г. такие асимптотики волновая функция иметь не может

312. Потенциальная энергия частицы $U(x)$ отлична от нуля в конечной области. Волновая функция стационарного состояния частицы в некоторый момент времени имеет следующие асимптотики:

$$\frac{1}{3}e^{-ikx} - \frac{i\sqrt{10}}{3}e^{ikx} \text{ при } x \rightarrow -\infty \text{ и } e^{ikx} \text{ при } x \rightarrow \infty. \text{ Где расположе-}$$

ны источники частиц?

А. только на $+\infty$

Б. только на $-\infty$

В. и на $+\infty$ и на $-\infty$

Г. такие асимптотики волновая функция иметь не может

ГЛАВА 3. МОМЕНТ ИМПУЛЬСА

3.1. Общие свойства момента импульса

313. Размерность момента импульса совпадает

- А. с размерностью постоянной Планка
- Б. с размерностью квадрата постоянной Планка
- В. с размерностью квадратного корня из постоянной Планка
- Г. с размерностью обратной постоянной Планка

314. Какой формулой определяется выражение для оператора проекции орбитального момента на ось x в декартовых координатах $\hat{L}_x$?

- А. $i\hbar z \frac{\partial}{\partial y}$
- Б. $-i\hbar y \frac{\partial}{\partial z}$
- В. $i\hbar \left(z \frac{\partial}{\partial y} - y \frac{\partial}{\partial z} \right)$
- Г. $i\hbar \left(y \frac{\partial}{\partial z} - z \frac{\partial}{\partial y} \right)$

315. Какой формулой определяется выражение для оператора проекции орбитального момента на ось z в сферических координатах¹?

- А. $-i\hbar \frac{\partial}{\partial \varphi}$
- Б. $-i\hbar \frac{\partial}{\partial \vartheta}$
- В. $i\hbar \left(\frac{\partial}{\partial \varphi} - \frac{\partial}{\partial \vartheta} \right)$
- Г. $i\hbar \left(\frac{\partial}{\partial \vartheta} - \frac{\partial}{\partial \varphi} \right)$

316. От каких переменных зависят в декартовых координатах собственные функции оператора проекции орбитального момента на ось z $\hat{L}_z$?

- А. только от z
- Б. только от x и y
- В. их можно выбрать так, чтобы они зависели только от z
- Г. их можно выбрать так, чтобы они зависели только от x и y

¹ Во всех задачах этой главы φ – азимутальный угол сферической системы координат, ϑ – полярный.

317. От каких переменных зависят в сферических координатах собственные функции оператора проекции орбитального момента на ось z $\hat{L}_z$?

А. только от φ

Б. только от φ и ϑ

В. их можно выбрать так, чтобы они зависели только от φ

Г. их можно выбрать так, чтобы они зависели только от φ и ϑ

318. Какое из перечисленных равенств правильное?

А. $[\hat{L}_x, \hat{L}_z] = -i\hbar\hat{L}_y$

Б. $[\hat{L}_z, \hat{L}_y] = i\hbar\hat{L}_z$

В. $[\hat{L}_x, \hat{L}_z] = i\hbar\hat{L}_x$

Г. $[\hat{L}_x, \hat{L}_z] = i\hbar L_y$

319. Какой из перечисленных коммутаторов равен нулю?

А. $[\hat{L}_x, \hat{p}_z]$

Б. $[\hat{L}_x, \hat{y}]$

В. $[\hat{L}_x, \hat{z}]$

Г. $[\hat{L}_x, \hat{p}_x]$

320. Какой из перечисленных коммутаторов равен нулю ($\hat{L}_{\pm} = \hat{L}_x \pm i\hat{L}_y$)?

А. $[\hat{L}_x, \hat{L}_z]$

Б. $[\hat{L}^2, \hat{L}_+]$

В. $[\hat{L}_+, \hat{L}_-]$

Г. $[\hat{L}_+, \hat{L}_z]$

321. Частица находится в состоянии с определенной проекцией импульса на ось z ($p_z \neq 0$). Имеет ли в этом состоянии проекция орбитального момента на ось z определенное значение?

А. да

Б. нет

В. зависит от состояния

Г. зависит от p_z

322. Частица находится в состоянии с определенной проекцией импульса на ось z ($p_z \neq 0$). Какие из перечисленных ниже величин могут в этом состоянии также иметь определенное значение?

А. L_x

Б. L_y

В. L_z

Г. L^2

323. Частица находится в состоянии, в котором квадрат орбитального момента имеет определенное значение. Какие из перечислен-

ных ниже величин имеют в этом состоянии определенное значение?

А. только L_x

Б. только L_y

В. только L_z

Г. это зависит от состояния

324. Какие утверждения относительно собственной функции оператора квадрата орбитального момента импульса частицы справедливы?

А. она также является собственной функцией оператора $\hat{L}_x$

Б. она также является собственной функцией оператора $\hat{L}_y$

В. она также является собственной функцией оператора $\hat{L}_z$

Г. мало информации чтобы выбрать между А, Б и В.

325. Частица находится в состоянии, в котором проекция орбитального момента на ось z имеет определенное значение. Будет ли эта функция собственной функцией оператора квадрата момента?

А. всегда будет

Б. всегда не будет

В. это зависит от состояния

Г. это зависит от оператора Гамильтона

ратора Гамильтона

326. Вырождены или нет собственные значения оператора квадрата момента?

А. да

Б. нет

В. это зависит от собственного значения

Г. это зависит от оператора Гамильтона

327. Вырождены или нет не равные нулю собственные значения оператора квадрата момента?

А. да

Б. нет

В. это зависит от собственного значения

Г. это зависит от оператора Гамильтона

328. Какое из нижеперечисленных утверждений справедливо?

А. Любая собственная функция оператора $\hat{L}^2$ будет собственной функцией оператора $\hat{L}_z$

Б. Любая собственная функция оператора $\hat{L}_z$ будет собственной функцией оператора $\hat{L}^2$

В. Вообще говоря, собственная функция оператора $\hat{L}^2$ не будет собственной функцией оператора $\hat{L}_z$, но можно построить такие линейные комбинации собственных функций оператора $\hat{L}^2$, которые будут собственными функциями $\hat{L}_z$

Г. все перечисленное неверно

329. Какие из перечисленных пар операторов имеют полную систему общих собственных функций?

А. $\hat{L}^2$ и $\hat{L}_x$

Б. $\hat{L}_x$ и $\hat{L}_y$

В. $\hat{L}_x$ и $\hat{p}_z$

Г. никакие из перечисленных

330. Частица находится в состоянии, в котором квадрат орбитального момента импульса имеет определенное значение, а проекция момента на ось z может принимать два значения. Волновая функция этого состояния

А. будет собственной функцией операторов $\hat{L}^2$ и $\hat{L}_z$

Б. будет собственной функцией оператора $\hat{L}^2$ и не будет собственной функцией оператора $\hat{L}_z$

В. будет собственной функцией оператора $\hat{L}_z$ и не будет собственной функцией оператора $\hat{L}^2$

Г. информации для ответа на вопрос недостаточно

331. Частица находится в состоянии, в котором проекция орбитального момента на ось z имеет определенное значение, а квадрат момента может принимать два значения. Волновая функция этого состояния

А. будет собственной функцией операторов $\hat{L}^2$ и $\hat{L}_z$

Б. будет собственной функцией оператора $\hat{L}^2$ и не будет собственной функцией оператора $\hat{L}_z$

В. будет собственной функцией оператора $\hat{L}_z$ и не будет собственной функцией оператора $\hat{L}^2$

Г. информации для ответа на вопрос недостаточно

332. Частица находится в состоянии, в котором проекция орбитального момента на ось z имеет определенное значение L_z . Чему равно среднее значение величины L_y в этом состоянии?

А. $\overline{L_y} = L_z$ Б. $\overline{L_y} = L_z / 2$ В. $\overline{L_y} = 0$

Г. $\overline{L_y} = -L_z / 2$

333. Частица находится в состоянии, в котором проекция орбитального момента на ось x имеет определенное значение L_x . Чему равно среднее значение величины L_y в этом состоянии?

А. $\overline{L_y} = L_x$ Б. $\overline{L_y} = L_x / 2$ В. $\overline{L_y} = 0$

Г. $\overline{L_y} = -L_x / 2$

334. Пусть l_z – собственное значение оператора $\hat{L}_z$. Какие утверждения относительно числа l_z справедливы?

А. это число будет также собственным значением оператора $\hat{L}^2$

Б. это число будет также собственным значением оператора $\hat{L}_y$

В. это число чисто мнимо

Г. это число имеет размерность квадрата постоянной Планка

335. Результаты многократных измерений проекции орбитального момента импульса частицы на ось z над ансамблем тождественных квантовых систем приводят с вероятностью $1/4$ к некоторому значению $l_{z,1}$ и с вероятностью $3/4$ – к некоторому значению $l_{z,2}$. Какие из нижеследующих утверждений относительно чисел $l_{z,1}$ и $l_{z,2}$ справедливы?

А. они будут собственными значениями оператора $\hat{L}_z$

Б. они будут собственными значениями оператора $\hat{p}_x$

В. они будут собственными значениями оператора $\hat{L}^2$

Г. они не будут собственными значениями оператора $\hat{L}_y$

336. Пусть f – общая собственная функция операторов $\hat{L}^2$ и $\hat{L}_z$, отвечающая ненулевым собственным значениям. Какое из ниже-
следующих утверждений относительно этой функции справедливо?

- А. эта функция является и собственной функцией оператора $\hat{L}_x^2$
- Б. эта функция является и собственной функцией оператора $\hat{L}_y^2$
- В. эта функция является и собственной функцией оператора $\hat{L}_x^2 + \hat{L}_y^2$
- Г. эта функция является и собственной функцией оператора $\hat{L}_x^2 - \hat{L}_y^2$

337. Пусть f – общая собственная функция операторов $\hat{L}_x$ и $\hat{L}_y$.
Какие утверждения относительно функции f справедливы?

- А. она также собственная для оператора $\hat{L}_z$
- Б. она несобственная для оператора $\hat{L}^2$
- В. она не зависит от углов ϑ и φ
- Г. такой функции не существует

338. Пусть f – общая собственная функция операторов $\hat{L}_x$ и $\hat{L}_y$.
Каким собственным значениям она отвечает?

- А. $l_x = 0$ и $l_y = 0$
- Б. $l_x = \hbar$ и $l_y = 0$
- В. $l_x = 0$ и $l_y = \hbar$
- Г. такой функции не существует

339. Какое из перечисленных равенств правильное?

- А. $[\hat{L}^2, \hat{L}_x] = \hat{L}_y^3$
- Б. $[\hat{L}^2, \hat{L}_x] = -i\hbar \hat{L}_y^2$
- В. $[\hat{L}^2, \hat{L}_x] = -\hbar^2 \hat{L}_y$
- Г. $[\hat{L}^2, \hat{L}_x] = 0$

340. Какое из перечисленных равенств правильное ($\hat{L}^4$ – оператор четвертой степени момента)?

- А. $[\hat{L}^4, \hat{L}_x] = \hat{L}_y^5$
- Б. $[\hat{L}^4, \hat{L}_x] = -i\hbar \hat{L}_y^4$
- В. $[\hat{L}^4, \hat{L}_x] = -\hbar^2 \hat{L}_y^3$
- Г. $[\hat{L}^4, \hat{L}_x] = 0$

341. Коммутируют ли операторы квадрата орбитального момента и Гамильтона частицы?

А. да

Б. нет

В. это зависит от оператора $\hat{L}^2$

Г. это зависит от потенциальной энергии

342. Частица находится в состоянии с определенным значением проекции орбитального момента на ось z . Будет ли проекция момента на ось x в этом состоянии иметь определенное значение?

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины проекции на ось z

Г. это зависит от оператора Гамильтона

343. Частица находится в состоянии, в котором проекция орбитального момента на ось z имеет определенное значение. Будет ли это состояние стационарным?

А. да

Б. нет

В. это не связанные друг с другом вещи

Г. зависит от величины проекции

344. Частица находится в состоянии, в котором квадрат орбитального момента имеет определенное значение. Будет ли это состояние стационарным?

А. да

Б. нет

В. это не связанные друг с другом вещи

Г. это зависит от величины квадрата момента

345. Какие утверждения относительно свойств оператора, повышающего проекцию орбитального момента $\hat{L}_+$ справедливы?

А. он эрмитов

Б. он является обратным для оператора $\hat{L}_-$

В. он эрмитово сопряжен оператору $\hat{L}_-$

Г. он коммутирует с оператором $\hat{L}_-$

346. Пусть f – общая собственная функция операторов $\hat{L}^2$ и $\hat{L}_z$.

При действии на нее оператора $\hat{L}_+$ получается

А. собственная функция этих же операторов, отвечающая на единицу большим собственным значениям

Б. собственная функция этих же операторов, отвечающая на единицу большему собственному значению для оператора $\hat{L}^2$ и тому же собственному значению для оператора $\hat{L}_z$

В. собственная функция этих же операторов, отвечающая тому же собственному значению для оператора $\hat{L}^2$ и на единицу большему собственному значению для оператора $\hat{L}_z$

Г. собственная функция этих же операторов, отвечающая тому же собственному значению для оператора $\hat{L}^2$ и на единицу большему собственному значению для оператора $\hat{L}_z$, или тождественно равная нулю функция

347. Пусть f – общая собственная функция операторов $\hat{L}^2$ и $\hat{L}_z$.

Будет ли она собственной для оператора $\hat{L}_+\hat{L}_-$?

А. да

Б. нет

В. это зависит от функции

Г. это зависит от оператора Гамильтона

348. Операторы квадрата орбитального момента $\hat{L}^2$ и четности $\hat{P}$

А. коммутируют

Б. не коммутируют

В. в некоторых случаях коммутируют, в некоторых – нет

Г. это зависит от оператора Гамильтона

(оператор четности следующим образом действует в пространстве функций трех переменных: $\hat{P}\psi(x, y, z) = \psi(-x, -y, -z)$).

349. Операторы проекции орбитального момента на ось $\hat{L}_i$ и четности $\hat{P}$

А. коммутируют

Б. не коммутируют

В. в некоторых случаях коммутируют, в некоторых – нет

Г. зависит от оператора Гамильтона

3.2. Свойства собственных значений и собственных функций операторов момента импульса

350. Какие из нижеследующих чисел исчерпывают все собственные значения оператора квадрата орбитального момента импульса?

- А. $\hbar^2 l^2$ Б. $\hbar^2 l(l+1)$ В. $\hbar^2 l(l+2)$ Г. $\hbar^2 l(l-1)$

(l – целое неотрицательное число)

351. Собственными значениями оператора квадрата орбитального момента импульса являются числа вида $\hbar^2 l(l+1)$, где l

А. полуцелое неотрицательное число (число вида $1/2, 3/2, \dots$)

Б. целое неотрицательное число

В. целое неположительное число

Г. полуцелое неположительное число

352. В некотором состоянии квадрат орбитального момента импульса частицы принимает определенное значение: $L^2 = 12\hbar^2$. Какую из перечисленных величин принято называть величиной момента в этом состоянии?

- А. 3 Б. 4 В. $\sqrt{12}$ Г. $-\sqrt{12}$

353. Какие из нижеследующих чисел исчерпывают все собственные значения оператора проекции орбитального момента импульса на ось z ?

А. $\hbar m$ (m – любое целое или полуцелое число)

Б. $\hbar m$ (m – любое целое положительное число)

В. $\hbar m$ (m – любое целое отрицательное число)

Г. $\hbar m$ (m – любое целое число)

354. Какие из нижеследующих чисел исчерпывают все собственные значения оператора проекции орбитального момента импульса на ось x ?

А. $\hbar m$ (m – любое целое или полуцелое число)

Б. $\hbar m$ (m – любое целое положительное число)

В. $\hbar m$ (m – любое целое отрицательное число)

Г. $\hbar m$ (m – любое целое число)

355. Частица находится в состоянии с определенной проекцией орбитального момента на ось y : $L_y = 4\hbar$. Измеряют квадрат момен-

та импульса. Какое из перечисленных значений не могло быть при этом получено?

- А. $24\hbar^2$ Б. $30\hbar^2$ В. $42\hbar^2$ Г. $20\hbar^2$

356. Частица находится в состоянии с определенной проекцией орбитального момента импульса на ось y : $L_y = 4\hbar$. Измеряют квадрат орбитального момента. Какое из перечисленных значений могло быть при этом получено?

- А. $49\hbar^2$ Б. $36\hbar^2$ В. $25\hbar^2$ Г. $42\hbar^2$

357. Частица находится в состоянии с определенным значением квадрата орбитального момента импульса: $L^2 = 30\hbar^2$. Измеряют проекцию орбитального момента на ось x . Какое из перечисленных значений не могло быть при этом получено?

- А. $5\hbar$ Б. $-4\hbar$ В. $6\hbar$ Г. $3\hbar$

358. Какие из нижеследующих функций являются собственными для оператора $\hat{L}_z$?

- А. $\sin m\varphi$ Б. $\exp(m\varphi)$ В. $\exp(im\varphi)$

Г. $\cos m\varphi$ (где m – любое целое число)

359. Какие из нижеследующих функций являются собственными для оператора $\hat{L}_z$?

- А. $\sin m\vartheta$ Б. $\sin m\varphi$ В. $\cos(m\vartheta + m\varphi)$

Г. никакие

(m – любое целое число)

360. Частица находится в состоянии с одной из нижеследующих волновых функций:

- А. $\sin \varphi$ Б. $\exp(-i\varphi)$ В. $\exp(-i\vartheta)$

Г. $\sin \vartheta$

В каких из этих состояний результат измерения проекции орбитального момента на ось z не имеет определенного значения?

361. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\sin m\vartheta$, где m – некоторое целое число. Измеряют проекцию орбитального момента импульса частицы на ось z . Какие значения можно получить и с какими вероятностями?

- А. единственное значение $L_z = \hbar m$

Б. $L_z = \hbar m$ и $L_z = -\hbar m$ с вероятностями $1/2$

В. единственное значение $L_z = -\hbar m$

Г. единственное значение $L_z = 0$

362. Какая из нижеследующих функций является общей собственной функцией операторов $\hat{p}_z$ и $\hat{L}_y$?

А. $e^{i\varphi} e^{iky}$

Б. $e^{i\varphi} e^{-iky}$

В. $e^{-i\varphi} e^{-iky}$

Г. такой функции не существует

(k – некоторое действительное число)

363. Какая из нижеследующих функций является общей собственной функцией операторов $\hat{p}_z$ и $\hat{L}_z$ (k – некоторое действительное число, m – некоторое целое число)?

А. $e^{-im\varphi} e^{-ikz}$

Б. $e^{-im\varphi} e^{-ky}$

В. $e^{-m\varphi} e^{-iky}$

Г. такой функции не существует

364. Какая из нижеследующих функций является собственной функцией оператора $\hat{L}_z$?

А. $\frac{x + iy}{\sqrt{x^2 + y^2}}$

Б. $\frac{x + 2iy}{\sqrt{x^2 + y^2}}$

В. $\frac{x - 2iy}{\sqrt{x^2 + y^2}}$

Г. в декартовых координатах записать эту функцию нельзя

365. Сферические функции – это

А. общие собственные функции операторов квадрата орбитального момента и его проекции на ось z

Б. общие собственные функции операторов квадрата орбитального момента и его проекции на ось x

В. общие собственные функции операторов квадрата орбитального момента и его проекции на ось y

Г. все перечисленные

366. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\cos \varphi$.

Измеряют проекцию орбитального момента на ось z . Какие значения могут быть получены и с какими вероятностями?

А. $\hbar$ и $2\hbar$ с вероятностями $1/2$

Б. $\hbar$ и $-\hbar$ с вероятностями $1/2$

В. 0 , $\hbar$ и $2\hbar$ с вероятностями $1/3$

Г. $-\hbar$, 0 , $\hbar$ с вероятностями $1/3$

367. Существует ли среди сферических функций такая функция (или функции), которая не зависит от полярного и азимутального углов ϑ и φ ?

А. да

Б. нет

В. существуют функции не зависящие от ϑ , но зависящие φ

Г. все сферические функции не зависят от углов, так как они обладают сферической симметрией

368. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\sin \vartheta \cos \varphi$. Будут ли орбитальный момент и его проекция на ось z иметь определенные значения в этом состоянии?

А. проекция – да, момент – нет

Б. проекция – нет, момент – да

В. и проекция, и момент

Г. ни момент, ни проекция.

369. Частица находится в состоянии с волновой функцией $Y_{54}(\vartheta, \varphi)$. Какие значения квадрата орбитального момента могут быть получены при измерениях?

А. любое из чисел $0, 2\hbar^2, 6\hbar^2, 12\hbar^2, 20\hbar^2, 30\hbar^2$

Б. $20\hbar^2$

В. $25\hbar^2$

Г. $30\hbar^2$

370. Частица находится в состоянии с волновой функцией $Y_{54}(\vartheta, \varphi)$. Измеряют проекцию орбитального момента на ось z . Какие значения могут быть получены при измерениях?

А. $m = 5$

Б. любое целое число из интервала $-4 \leq m \leq 4$

В. $m = 4$

Г. любое целое число из интервала $-5 \leq m \leq 5$

371. Частица находится в состоянии с волновой функцией $Y_{54}(\vartheta, \varphi)$. Измеряют проекцию орбитального момента на ось x . Какие значения могут быть получены при измерениях?

А. $l_x = 5$

Б. любое целое число из интервала $-4 \leq l_x \leq 4$

В. $l_x = 4$

Г. любое целое число из интервала $-5 \leq l_x \leq 5$

372. Частица находится в состоянии с волновой функцией $Y_{54}(\vartheta, \varphi)$. Какие значения орбитального момента и его проекции на ось z могут быть получены при измерениях?

А. $l = 4, m = 5$ Б. $l = 5, m = 4$ В. $l = 4, m = -5$

Г. никакие из перечисленных

373. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $C_1 Y_{54}(\vartheta, \varphi) + C_2 Y_{53}(\vartheta, \varphi)$, где C_1 и C_2 – числа. Какие значения орбитального момента можно обнаружить в этом состоянии и с какими вероятностями?

А. $l = 5$ с единичной вероятностью

Б. $l = 3$ с вероятностью $|C_2|^2$ и $l = 4$ с вероятностью $|C_1|^2$

В. $l = 5$ с вероятностью $|C_1|^2 + |C_2|^2$, $l = 3$ с вероятностью $|C_2|^2$ и $l = 4$ с вероятностью $|C_1|^2$

Г. $l = 3$ и $l = 4$ с одинаковыми вероятностями

374. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $C_1 Y_{54}(\vartheta, \varphi) + C_2 Y_{53}(\vartheta, \varphi)$, где C_1 и C_2 – числа. Какие значения проекции орбитального момента на ось z можно обнаружить в этом состоянии и с какими вероятностями?

А. $m = 5$ с единичной вероятностью

Б. $m = 3$ с вероятностью $|C_2|^2$ и $m = 4$ с вероятностью $|C_1|^2$

В. $m = 5$ с вероятностью $|C_1|^2 + |C_2|^2$, $m = 3$ с вероятностью $|C_2|^2$ и $m = 4$ с вероятностью $|C_1|^2$

Г. $m = 3$ и $m = 4$ с одинаковыми вероятностями.

375. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\cos^2 \vartheta - 3 \cos \vartheta + 1$. Измеряют проекцию орбитального момента на ось z . Какие значения можно при этом получить?

А. определенное значение $m = 0$

Б. определенное значение $m = 2$

В. любое значение из $m = 0, 1, 2$

Г. любое целое значение из интервала $-2 \leq m \leq 2$

376. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\cos^2 \vartheta - 3 \cos \vartheta + 1$. Какие значения орбитального момента можно получить при измерениях в этом состоянии?

А. одно из чисел 0, 1, 2 Б. одно из чисел 0, 2

В. одно из чисел $-2, 0, 2$ Г. одно из чисел $0, 1, 2, 3$.

377. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $C_1 Y_{63}(\vartheta, \varphi) + C_2 Y_{53}(\vartheta, \varphi)$, где C_1 и C_2 – числа. Какие значения орбитального момента можно получить при измерениях в этом состоянии и с какими вероятностями?

А. $l = 3$ с единичной вероятностью

Б. $l = 6$ с вероятностью $|C_1|^2$ и $l = 5$ с вероятностью $|C_2|^2$

В. $l = 3$ с вероятностью $|C_1|^2 + |C_2|^2$, $l = 6$ с вероятностью $|C_1|^2$ и $l = 5$ с вероятностью $|C_2|^2$

Г. $l = 5$ и $l = 6$ с одинаковыми вероятностями.

378. Частица находится в состоянии с нормированной волновой функцией $C_1 Y_{63}(\vartheta, \varphi) + C_2 Y_{53}(\vartheta, \varphi)$, где C_1 и C_2 – числа. Какие значения проекции орбитального момента на ось z можно получить при измерениях в этом состоянии и с какими вероятностями?

А. $m = 3$ с единичной вероятностью

Б. $m = 6$ с вероятностью $|C_1|^2$ и $m = 5$ с вероятностью $|C_2|^2$

В. $m = 3$ с вероятностью $|C_1|^2 + |C_2|^2$, $m = 6$ с вероятностью $|C_1|^2$ и $m = 5$ с вероятностью $|C_2|^2$

Г. $m = 5$ и $m = 6$ с одинаковыми вероятностями.

379. Частица находится в состоянии, в котором ее орбитальный момент импульса и его проекция на ось z имеют определенные значения: $l = 1$, $m = -1$. Сравнить вероятности различных значений проекции момента на ось y в этом состоянии: $w(l_y = 1)$ и $w(l_y = -1)$

А. $w(l_y = 1) > w(l_y = -1)$

Б. $w(l_y = 1) < w(l_y = -1)$

В. $w(l_y = 1) = w(l_y = -1)$

Г. такие значения проекции момента на ось y в данном состоянии не могут быть обнаружены

380. Частица находится в состоянии, в котором проекция ее момента импульса на ось z имеет определенное значение $l_z = m$. Изме-

ряют проекцию момента на ось y . Какие значения можно обнаружить?

А. $l_y = m$ Б. любое целое число из интервала $-m \leq l_y \leq m$

В. $l_y = -m$ Г. любое собственное значение оператора $\hat{L}_y$

381. Как сферическая функция $Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$ зависит от азимутального угла φ ?

А. как $\sin m\varphi$ Б. как $\cos m\varphi$ В. как $e^{im\varphi}$

Г. как $e^{-im\varphi}$

382. Частица находится в состоянии с волновой функцией $Y_{21}(\vartheta, \varphi)$. Проводят многократные измерения проекции орбитального момента импульса на ось y над ансамблем таких частиц. Какие значения будут получены?

А. $l_y = 2$ во всех опытах Б. $l_y = -1, 0, 1$

В. $l_y = -2, -1, 0, 1, 2$ Г. $l_y = 1$ во всех опытах

383. Частица находится в состоянии с определенными значениями орбитального момента $l = 3$ и его проекции на ось x $l_x = 1$. Чему равно среднее значение проекции орбитального момента на ось z ?

А. $\bar{l}_z = 1$ Б. $\bar{l}_z = 3$

В. $\bar{l}_z = 3/2$ Г. $\bar{l}_z = 0$

384. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\psi \sim Y_{54} + 2Y_{53}$. Какие из нижеследующих величин имеют в этом состоянии определенные значения?

А. проекция орбитального момента на ось z

Б. проекция орбитального момента на ось y

В. проекция орбитального момента на ось x

Г. квадрат орбитального момента

385. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\psi \sim Y_{54} + 2Y_{64}$. Какие из нижеследующих величин имеют в этом состоянии определенные значения?

А. проекция орбитального момента на ось z

Б. проекция орбитального момента на ось y

В. проекция орбитального момента на ось x

Г. квадрат орбитального момента

386. Частица находится в состоянии, в котором ее момент имеет определенное значение $l = 3$, а проекция с вероятностью $1/4$ принимает значение $m = 1$, а с вероятностью $3/4$ – значение $m = 2$. Какой формулой может описываться волновая функция частицы?

А. $\psi = \frac{1}{4} Y_{31} - \frac{3i}{4} Y_{32}$

Б. $\psi = \frac{1}{2} Y_{31} - \frac{i\sqrt{3}}{2} Y_{21}$

В. $\psi = \frac{i}{2} Y_{31} + \frac{\sqrt{3}}{2} Y_{32}$

Г. $\psi = \frac{1}{4} Y_{31} - \frac{3}{4} Y_{21}$

387. Какая функция получится в результате действия оператора $\hat{L}_+$ на функцию $Y_{55}(\vartheta, \varphi)$ (с точностью до множителя):

А. $\hat{L}_+ Y_{55}(\vartheta, \varphi) \sim Y_{56}(\vartheta, \varphi)$

Б. функция $\hat{L}_+ Y_{55}(\vartheta, \varphi)$ тождественно равна нулю

В. $\hat{L}_+ Y_{55}(\vartheta, \varphi) \sim Y_{65}(\vartheta, \varphi)$

Г. $\hat{L}_+ Y_{55}(\vartheta, \varphi) \sim Y_{66}(\vartheta, \varphi)$

388. Какое из нижеследующих равенств является правильным (с точностью до множителя)?

А. $\hat{L}_+ Y_{52}(\vartheta, \varphi) \sim Y_{62}(\vartheta, \varphi)$

Б. $\hat{L}_+ Y_{52}(\vartheta, \varphi) \equiv 0$

В. $\hat{L}_+ Y_{52}(\vartheta, \varphi) \sim Y_{53}(\vartheta, \varphi)$

Г. $\hat{L}_+ Y_{52}(\vartheta, \varphi) \sim Y_{51}(\vartheta, \varphi)$

389. Какова «структура» сферических функций $Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$?

А. некоторый многочлен от $\cos \vartheta$, умноженный на $\exp(im\varphi)$

Б. некоторый многочлен от $\sin \vartheta$, умноженный на $\exp(im\varphi)$

В. некоторый многочлен от $\cos \vartheta$, умноженный на $\exp(im\varphi)$ и (для нечетных m) на $\sin \vartheta$

Г. некоторый многочлен от $\cos \vartheta$, умноженный на $\exp(im\varphi)$ и (для четных m) на $\sin \vartheta$.

390. Какой формулой определяется сферическая функция $Y_{12}(\vartheta, \varphi)$?

А. $\cos \vartheta e^{2i\varphi}$

Б. $\cos \vartheta e^{-2i\varphi}$

В. $\sin \vartheta e^{2i\varphi}$

Г. такой функции не существует

391. Какова «структура» сферических функций $Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$?

А. некоторая функция от φ , умноженная на $\exp(im\vartheta)$

Б. некоторая функция от φ , умноженная на $\cos m\vartheta$

В. некоторая функция от ϑ , умноженная на $\exp(im\varphi)$

Г. некоторая функция от ϑ , умноженная на $\cos m\varphi$

392. От каких переменных зависит функция Y_{l0} ?

А. только от φ

Б. только от ϑ

В. только от r

Г. от φ и от ϑ

393. Какая из нижеследующих функций не является сферической (с точностью до множителя)?

А. $f(\vartheta, \varphi) = 1$

Б. $f(\vartheta, \varphi) = \cos \vartheta$

В. $f(\vartheta, \varphi) = \sin \vartheta e^{i\varphi}$

Г. $f(\vartheta, \varphi) = \cos \vartheta e^{-i\varphi}$

394. Какая из нижеследующих функций является сферической (с точностью до множителя)?

А. $f(\vartheta, \varphi) = \sin \vartheta \sin \varphi$

Б. $f(\vartheta, \varphi) = \cos \vartheta e^{-i\varphi}$

В. $f(\vartheta, \varphi) = \sin \vartheta e^{i\varphi}$

Г. $f(\vartheta, \varphi) = \cos \vartheta e^{-i\varphi}$

395. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\sin \vartheta \sin \varphi$. Какие значения орбитального момента и его проекции на ось z можно обнаружить при измерениях?

А. только $l = 1$ и $m = 1$

Б. только $l = 1$, для проекции два значения $m = 1$ и $m = -1$

В. для момента два значения $l = 0$ и $l = 1$, для проекции – только $m = 1$

Г. для момента два значения $l = 0$ и $l = 1$ и для проекции два значения $m = 1$ и $m = -1$

396. Какие функции от $\cos \vartheta$ входят в сферические функции?

А. Г-функция

Б. присоединенные полиномы Лагерра

В. присоединенные полиномы Лежандра

Г. присоединенные полиномы Эрмита

397. К каким функциям сводятся присоединенные полиномы Лежандра $P_l^{[m]}(x)$ при $m = 0$?

- А. к полиномам Лежандра
- Б. к полиномам Лагерра
- В. к полиномам Эрмита
- Г. ни к каким с самостоятельным именем собственным

398. К каким функциям сводятся присоединенные полиномы Лежандра $P_l^{[m]}(x)$ при $m = 1$?

- А. к полиномам Лежандра
- Б. к полиномам Лагерра
- В. к полиномам Эрмита
- Г. ни к каким с самостоятельным именем собственным

399. Входящие в сферические функции присоединенные полиномы Лежандра $P_l^{[m]}$ являются

- А. некоторыми многочленами от ϑ
- Б. некоторыми многочленами от $\cos \vartheta$
- В. некоторыми многочленами от $\cos \vartheta$ для четных проекций m , и некоторыми многочленами от $\cos \vartheta$, умноженными на $\sin \vartheta$, для нечетных проекций m
- Г. некоторыми многочленами от $\cos \vartheta$ для четных моментов l , и некоторыми многочленами от $\cos \vartheta$, умноженными на $\sin \vartheta$, для нечетных моментов l

400. Частица находится в состоянии с волновой функцией $\cos^2 \varphi$. Измеряют проекцию момента на ось z . Какие значения проекции орбитального момента на ось z могут быть получены при измерениях в этом состоянии и с какими вероятностями?

- А. 1, 2 и 3 с вероятностями $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$
- Б. 1, 0 и -1 с вероятностями $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ и $\frac{1}{4}$
- В. 0, 1 и 2 с вероятностями $\frac{1}{3}$
- Г. -2 , 0, 2 с вероятностями $\frac{1}{6}$, $\frac{2}{3}$ и $\frac{1}{6}$

401. Какая формула описывает условие ортогональности сферических функций?

$$\text{A. } \int_0^{\pi} d\vartheta \int_0^{2\pi} d\varphi \sin \varphi Y_{lm}^*(\vartheta, \varphi) Y_{\lambda\mu}(\vartheta, \varphi) = \delta_{l\lambda} \delta_{m\mu}$$

$$\text{B. } \int_0^{\pi} d\vartheta \sin \vartheta \int_0^{2\pi} d\varphi Y_{lm}^*(\vartheta, \varphi) Y_{\lambda\mu}(\vartheta, \varphi) = \delta_{l\lambda} \delta_{m\mu}$$

$$\text{B. } \int_0^{\pi} d\vartheta \int_0^{2\pi} d\varphi \cos \varphi Y_{lm}^*(\vartheta, \varphi) Y_{\lambda\mu}(\vartheta, \varphi) = \delta_{l\lambda} \delta_{m\mu}$$

$$\text{Г. } \int_0^{\pi} d\vartheta \cos \vartheta \int_0^{2\pi} d\varphi Y_{lm}^*(\vartheta, \varphi) Y_{\lambda\mu}(\vartheta, \varphi) = \delta_{l\lambda} \delta_{m\mu}$$

402. Какой формулой определяется условие ортогональности полиномов Лежандра?

$$\text{A. } \int_{-1}^{+1} P_n(x) P_m(x) x^2 dx \sim \delta_{nm}$$

$$\text{Б. } \int_{-1}^{+1} P_n(x) P_m(x) dx \sim \delta_{nm}$$

$$\text{B. } \int_{-1}^{+1} P_n(x) P_m(x) x^3 dx \sim \delta_{nm}$$

$$\text{Г. } \int_{-1}^{+1} P_n(x) P_m(x) x dx \sim \delta_{nm}$$

(δ_{nm} — дельта-символ Кронекера)

403. Какие значения может принимать индекс l в сферической функции $Y_{l5}(\vartheta, \varphi)$?

А. только $l = 5$

Б. целые значения в интервале $-5 \leq l \leq 5$

В. целые значения в интервале $0 \leq l \leq 5$

Г. целые значения в интервале $5 \leq l$

404. Какие значения может принимать индекс m в сферической функции $Y_{5m}(\vartheta, \varphi)$?

А. только $m = 5$

Б. целые значения в интервале $-5 \leq m \leq 5$

В. целые значения в интервале $0 \leq m \leq 5$

Г. целые значения в интервале $5 \leq m$

405. Какой формулой определяется условие ортогональности при-
соединенных полиномов Лежандра?

$$\text{A. } \int_{-1}^{+1} P_l^{|m|}(x) P_l^{|m|}(x) dx \sim \delta_{ll_2}$$

$$\text{Б. } \int_{-1}^{+1} P_l^{|m_1|}(x) P_l^{|m_2|}(x) dx \sim \delta_{m_1 m_2}$$

$$\text{В. } \int_{-1}^{+1} P_l^{|m_1|}(x) P_l^{|m_2|}(x) dx \sim \delta_{ll_2} \delta_{m_1 m_2}$$

Г. никакой из них

(δ_{nm} – дельта-символ Кронекера)

406. Каким будет результат действия оператора $\hat{L}_x^2 + \hat{L}_y^2$ на сферическую функцию $Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$?

$$\text{A. } \hbar^2 (l(l+1) - m^2) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$$

$$\text{Б. } \hbar^2 (l(l+1) - m^2) Y_{lm+1}(\vartheta, \varphi)$$

$$\text{В. } \hbar^2 (l^2 - m^2) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$$

$$\text{Г. } \hbar^2 (l^2 - m(m+1)) Y_{lm+1}(\vartheta, \varphi)$$

407. Какое утверждение относительно четности сферических функций $Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$ является справедливым?

А. эти функции не обладают определенной четностью ни при каких l и m

Б. эти функции – четные для четных l и нечетные для нечетных l независимо от m

В. эти функции – четные для четных m и нечетные для нечетных m независимо от l

Г. эта функции – четные для четных $l + m$ и нечетные для нечетных $l + m$

408. Какое утверждение относительно четности функции $Y_{81}(\vartheta, \varphi) + Y_{82}(\vartheta, \varphi)$ является справедливым?

А. четная четности

Б. нечетная

В. неопределенной

от оператора четности

Г. четность приведенной функции зависит

409. Что можно сказать о четности функции $Y_{72}(\vartheta, \varphi) + Y_{82}(\vartheta, \varphi)$?

А. четная четности

Б. нечетная

В. неопределенной

от оператора четности

Г. четность приведенной функции зависит

ГЛАВА 4. ТРЕХМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

4.1. Общие свойства трехмерного движения

410. Из какого уравнения находятся энергии и волновые функции стационарных состояний частицы в центрально-симметричном поле $U(r)$ ($\hat{L}^2$ – оператор квадрата момента импульса)?

А. $i\hbar \frac{\partial \psi(\vec{r}, t)}{\partial t} = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(r) \right) \psi(\vec{r}, t)$

Б. $\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + U(r) \right) \psi(\vec{r}) = E \psi(\vec{r})$

В. $(-i\hbar \nabla + U(r)) \psi(\vec{r}) = E \psi(\vec{r})$

Г. $\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \hat{L}^2 + U(r) \right) \psi(\vec{r}) = E \psi(\vec{r})$

411. Какой из четырех нижеследующих формул определяется оператор Гамильтона частицы в центрально-симметричном поле ($\hat{L}^2$ – оператор квадрата момента импульса, $\hat{L}_z$ – оператор проекции момента на ось z)?

А. $-\frac{\hbar^2}{2m} r^2 \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{1}{2mr^2} \hat{L}^2 + U(r)$

Б. $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{1}{2mr^2} \hat{L}^2 + U(r)$

В. $-\frac{\hbar^2}{2m} r^2 \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{1}{2mr^2} \hat{L}_z + U(r)$

Г. $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) - \frac{1}{2mr^2} \hat{L}_z + U(r)$

412. Будет ли гамильтониан частицы, движущейся в центральном поле, коммутировать с оператором проекции момента на ось z ?

А. да

Б. нет

В. это зависит от поля

Г. это зависит от состояния, в котором находится частица

А. только от n_r

Б. только от n_r и l

В. и от n_r , и от l , и от m

Г. только от n_r и m

(n_r – радиальное квантовое число, l – момент, m – проекция момента на ось z)

419. Что можно сказать об интеграле $\int_0^{\infty} \chi_1(r) \chi_2(r) dr$, где $\chi_1(r)$ и

$\chi_2(r)$ – радиальные части волновых функций $\Psi(r, \vartheta, \varphi)$ стационарных состояний дискретного спектра ($\Psi = R(r) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$, $R(r) = \chi(r)/r$)?

А. он равен нулю, если эти функции отвечают разным радиальным квантовым числам и разным моментам

Б. он равен нулю, если эти функции отвечают разным радиальным квантовым числам, но одинаковому моменту

В. он равен нулю, если эти функции отвечают одинаковым радиальным квантовым числам, но разным моментам

Г. он равен нулю, если эти функции отвечают одинаковым радиальным квантовым числам и одинаковым моментам

420. Что такое вырождение уровней энергии частицы в центрально-симметричном поле по проекции момента?

А. совпадение проекций момента у состояний с разными энергиями

Б. совпадение проекций у состояний с разными моментами

В. совпадение моментов у состояний с разными проекциями

Г. совпадение энергий у состояний с разными проекциями момента

421. Что такое «вырождение по моменту» в центрально-симметричном поле?

А. совпадение моментов у состояний с разными энергиями

Б. совпадение энергий у состояний с разными моментами

В. совпадение моментов у состояний с разными проекциями

Г. совпадение проекций у состояний с разными моментами

422. Что такое «случайное» вырождение уровней энергии в центрально-симметричном поле?

А. совпадение энергий у частиц, движущихся в разных потенциалах

Б. совпадение энергий у состояний с разными моментами

В. случайное столкновение частиц, имеющих одинаковые энергии

Г. совпадение моментов у состояний с разными энергиями

423. «Случайное вырождение» и «вырождение по моменту» – это одно и то же или нет?

А. да

Б. нет

В. да, при совпадении энергий

Г. для некоторых потенциалов – одно и то же, для некоторых – нет

424. Частица находится в центральном поле, в котором отсутствует «случайное» вырождение, в состоянии с моментом $l = 5$. Какова кратность вырождения этого уровня?

А. 1

Б. 5

В. 10

Г. 11

425. Частица движется в центральном поле, в котором имеет место «случайное» вырождение. Частица находится в стационарном состоянии и имеет определенный момент $l = 5$. Какова кратность вырождения уровня энергии, на котором находится частица?

А. 1

Б. 5

В. 11

Г. мало информации, чтобы ответить

426. Уровень энергии частицы в центральном поле вырожден. Существует ли «случайное» вырождение в этом поле?

А. да

Б. нет

В. данной информации недостаточно для ответа

Г. это зависит от частицы состояния

427. Кратность вырождения уровня энергии частицы, находящейся в центральном поле, равна 6. Можно ли на основе этой информации сделать вывод о существовании «случайного» вырождения в этом поле?

А. случайное вырождение существует

Б. случайного вырождения не существует

В. мало информации, чтобы сделать вывод о существовании или отсутствии «случайного» вырождения

Г. это зависит от вида поля

428. Кратность вырождения некоторого уровня энергии частицы, находящейся в центральном поле, равна 7. Можно ли на основе этой информации сделать вывод о существовании «случайного» вырождения в этом поле?

А. случайное вырождение существует

Б. случайного вырождения не существует

В. мало информации, чтобы сделать вывод о существовании или отсутствии «случайного» вырождения

Г. это зависит от вида поля

429. Радиальное квантовое число нумерует

А. состояния с определенным моментом в порядке возрастания энергии

Б. все уровни в порядке возрастания энергии

В. Состояния с определенной проекцией момента на ось z в порядке возрастания их энергии

Г. Состояния с определенной энергией в порядке возрастания их момента

430. Орбитальное квантовое число – это

А. значение проекции момента стационарного состояния

Б. значение энергии стационарного состояния

В. значение момента стационарного состояния

Г. номер орбитали

431. Магнитное квантовое число – это

А. значение проекции момента стационарного состояния

Б. значение энергии стационарного состояния

В. значение момента стационарного состояния

Г. магнитный момент системы

432. Радиальное квантовое число и момент стационарного состояния частицы в центральном поле фиксированы. Как изменяется энергия при увеличении проекции момента на ось z ?

А. растет

Б. убывает

В. не меняется

Г. это зависит от поля

433. Момент и проекция момента на ось z стационарного состояния частицы в центральном поле фиксированы. Как изменяется энергия при увеличении радиального квантового числа?

А. растет

Б. убывает

В. не меняется

Г. это зависит от поля

434. Радиальное квантовое число и проекция момента на ось z стационарного состояния частицы в центральном поле фиксированы. Как изменяется энергия при увеличении момента?

А. растет

Б. убывает

В. не меняется

Г. это зависит от поля

435. Какова кратность вырождения основного состояния частицы в центральном поле

А. 1

Б. 2

В. 3

Г. это зависит от поля

436. Может ли первый возбужденный уровень энергии частицы в центрально-симметричном поле иметь кратность вырождения, равную 4?

- А. да Б. нет В. мало информации, чтобы ответить
Г. это зависит от энергии

437. Возможна ли кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии частицы в центральном поле, равная 1?

- А. да Б. нет В. мало информации, чтобы ответить
Г. зависит от энергии

438. Какой не может быть кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии частицы в центральном поле?

- А. 1 Б. 2 В. 3 Г. 4

439. Какой не может быть кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии частицы в центральном поле?

- А. 1 Б. 3 В. 6 Г. 7

440. В каком из нижеперечисленных центральных полей кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии равна 4?

- А. $U(r) \sim \frac{1}{r}$ Б. $U(r) \sim \frac{1}{r^2}$

- В. $U(r) \sim r$ Г. $U(r) \sim r^2$

441. Может ли кратность вырождения уровней энергии частицы в центральном поле равняться 2?

- А. да Б. нет В. это зависит от поля
Г. это зависит от энергии

442. Уровень энергии частицы в центральном поле невырожден. Какие значения орбитального момента можно обнаружить у частицы, находящейся на этом уровне, и с какими вероятностями?

- А. $l = 1$ с единичной вероятностью
Б. $l = 0$ с единичной вероятностью
В. $l = 0$ и $l = 1$ с равными вероятностями
Г. информации для ответа недостаточно.

443. Кратность вырождения уровня энергии частицы в центральном поле равна 9. Какое значение может принимать момент частицы, находящейся на этом уровне?

- А. момент может принимать единственное значение $l = 4$
Б. момент может принимать два значения $l = 1$ и $l = 3$

В. момент может принимать три значения $l = 0$, $l = 1$ и $l = 2$
Г. уровня энергии с кратностью вырождения, равной 9, в центральном поле быть не может

444. s -состояние частицы в центральном поле это

А. состояние с определенным моментом $l = 0$

Б. Стационарное состояние

В. состояние с определенным моментом l , равным Семи

Г. состояние с не зависящей от углов (сферически симметричной) волновой функцией

445. d -состояние частицы в центральном поле это

А. четвертый уровень энергии

Б. состояние с определенной проекцией момента на ось z $l_z = 2$

В. состояние с определенным моментом $l = 3$

Г. состояние с определенным моментом $l = 2$

446. Какова кратность вырождения f -уровня энергии частицы в центральном поле?

А. 5

Б. 7

В. 9

Г. 11

447. Частица находится в некотором стационарном состоянии в центрально-симметричном поле. Будет ли проекция момента импульса частицы на ось z иметь определенное значение?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. если $l = 1$, то да

448. Частица находится в стационарном состоянии в центрально-симметричном поле. Будет ли проекция момента импульса частицы на ось x иметь определенное значение?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. если состояние невырождено, то да

449. Будут ли волновые функции стационарных состояний частицы в некотором центрально-симметричном поле собственными функциями оператора $\hat{L}_z$?

А. да

Б. нет

В. можно выбрать так, чтобы были

Г. да, если состояние невырождено

450. Частица находится в некотором стационарном состоянии в центрально-симметричном поле. Будет ли квадрат момента импульса частицы иметь определенное значение?

А. да Б. нет В. это зависит от состояния
Г. если $l_z = 1$, то да

451. Частица находится в стационарном состоянии в некотором центральном поле, в котором отсутствует «случайное» вырождение. Будет ли момент импульса частицы иметь определенное значение?

А. да Б. нет В. это зависит от состояния
Г. это зависит от энергии

452. Частица движется в центрально-симметричном поле, в котором есть «случайное вырождение». Будут ли волновые функции стационарных состояний частицы обладать определенной четностью?

А. да
Б. нет
В. вообще говоря, нет, но их можно выбрать так, чтобы они обладали определенной четностью
Г. зависит от энергии

453. Частица движется в центрально-симметричном поле, в котором отсутствует «случайное» вырождение. Будут ли собственные функции оператора Гамильтона частицы обладать определенной четностью?

А. да
Б. нет
В. вообще говоря, нет, но можно выбрать так, чтобы обладали определенной четностью
Г. зависит от потенциала

454. Для частицы в центрально-симметричном поле сравнить $E_{n_r=2l=3}$ и $E_{n_r=1l=4}$ (здесь n_r – радиальное квантовое число, l – момент)

А. $E_{n_r=2l=3} > E_{n_r=1l=4}$ Б. $E_{n_r=2l=3} < E_{n_r=1l=4}$
В. $E_{n_r=2l=3} = E_{n_r=1l=4}$ Г. это зависит от потенциала

455. Для частицы в центрально-симметричном поле сравнить $E_{n_r=2l=3}$ и $E_{n_r=1l=2}$ (здесь n_r – радиальное квантовое число, l – момент)

А. $E_{n_r=2l=3} > E_{n_r=1l=2}$ Б. $E_{n_r=2l=3} < E_{n_r=1l=2}$

В. $E_{n_r=2l=3} = E_{n_r=1l=2}$

Г. это зависит от потенциала.

456. Частица находится на втором возбужденном уровне энергии в некотором центрально-симметричном поле. С какой вероятностью проекция орбитального момента импульса частицы на ось z принимает значение $-3\hbar$?

А. зависит от состояния

Б. $\frac{1}{2}$

В. 0

Г. это зависит от поля

457. Частица находится на втором возбужденном уровне энергии в некотором центрально-симметричном поле и имеет определенную проекцию орбитального момента импульса ось z , равную $2\hbar$. Существует ли «случайное» вырождение в этом поле?

А. да

Б. нет

В. недостаточно информации, чтобы ответить

Г. это зависит от массы частицы

458. Частица находится на втором возбужденном уровне энергии в некотором центрально-симметричном поле и имеет проекцию орбитального момента импульса на ось z , равную $\hbar$. Существует ли случайное вырождение в этом поле?

А. да

Б. нет

В. недостаточно информации, чтобы ответить

Г. это зависит от массы частицы

459. Частица движется в центрально-симметричном поле. Какие из нижеследующих величин являются интегралами движения?

А. координата x

Б. проекция импульса на ось x

В. проекция орбитального момента на ось x

Г. четность

460. Частица находится в стационарном состоянии в центрально-симметричном поле. Средние значения каких величин будут зависеть от времени в этом состоянии?

А. координаты x

Б. квадрата момента

В. проекции момента

Г. таких величин нет

4.2. Сферический осциллятор, кулоновский потенциал и бесконечно глубокая сферическая потенциальная яма

461. В каких двух из перечисленных ниже четырех центральных потенциалов существует вырождение стационарных состояний дискретного спектра по моменту?

А. $U(r) = \alpha r$

Б. $U(r) = \alpha r^2$

В. $U(r) = \frac{\alpha}{r}$

Г. $U(r) = \frac{\alpha}{r^2}$

462. Какой формулой исчерпываются энергии всех стационарных состояний сферического осциллятора ($N = 0, 1, 2, \dots$)?

А. $\hbar\omega(N + 1/2)$

Б. $\hbar\omega(N + 3/2)$

В. $\hbar\omega(N + 5/2)$

Г. $\hbar\omega(N + 7/2)$

463. Чему равна энергия основного состояния сферического осциллятора с частотой ω ?

А. $\frac{1}{2}\hbar\omega$

Б. $\hbar\omega$

В. $\frac{3}{2}\hbar\omega$

Г. $2\hbar\omega$

464. Какова кратность вырождения первого возбужденного состояния сферического осциллятора?

А. 1

Б. 2

В. 3

Г. 4

465. Какова кратность вырождения второго возбужденного состояния сферического осциллятора?

А. 3

Б. 4

В. 5

Г. 6

466. Кратность вырождения первого возбужденного состояния сферического осциллятора равна 3. На основе этих данных сравнить $E_{n_r=0, l=1}$ и $E_{n_r=1, l=0}$ (нумерация n_r начинается от нуля).

А. $E_{n_r=0, l=1} > E_{n_r=1, l=0}$

Б. $E_{n_r=0, l=1} < E_{n_r=1, l=0}$

В. $E_{n_r=0, l=1} = E_{n_r=1, l=0}$

Г. данные условия и соотношение указанных энергий никак не связаны между собой

467. Кратность вырождения первого возбужденного состояния сферического осциллятора равна 3, второго – 6. На основе этих данных сравнить $E_{n_r=0, l=2}$ и $E_{n_r=2, l=0}$ (нумерация n_r начинается от нуля)

А. $E_{n_r=0, l=2} > E_{n_r=2, l=0}$

Б. $E_{n_r=0, l=2} < E_{n_r=2, l=0}$

В. $E_{n_r=0, l=2} = E_{n_r=2, l=0}$

Г. данные условия и соотношение

указанных энергий никак не связаны между собой

468. Сферический осциллятор имеет «декартовые» квантовые числа $n_x = 2, n_y = 3, n_z = 4$. Чему равна энергия осциллятора?

А. $\frac{19}{2} \hbar \omega$

Б. $\frac{21}{2} \hbar \omega$

В. $\frac{23}{2} \hbar \omega$

Г. $\frac{25}{2} \hbar \omega$

469. Волновая функция основного состояния сферического осциллятора это

А. $C \exp(-r^2 / 2a^2)$

Б. $C \exp(-r / a)$

В. $C \exp(-r / 2a)$

Г. $C \exp(-r^2 / a^2)$

(C – нормировочная постоянная, $a = \sqrt{\hbar / m\omega}$)

470. Сферический осциллятор находится в стационарном состоянии с волновой функцией $\chi_{xyz} e^{-(x^2+y^2+z^2)/2}$ (x, y, z – безразмерные декартовые координаты осциллятора). Каковы «декартовые» квантовые числа этого состояния осциллятора?

А. $n_x = 0, n_y = 0, n_z = 2$

Б. $n_x = 1, n_y = 1, n_z = 0$

В. $n_x = 2, n_y = 2, n_z = 0$

Г. $n_x = 1, n_y = 1, n_z = 3$

471. Сферический осциллятор находится на втором возбужденном уровне энергии. Перечислить все значения момента импульса, которые можно обнаружить при измерениях.

Указание: кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии сферического гармонического осциллятора равна 6.

А. $l = 1$ и $l = 2$

Б. $l = 0$ и $l = 1$

В. $l = 0$ и $l = 2$

Г. $l = 2$

472. Сферический осциллятор находится на первом возбужденном уровне энергии. Какова вероятность того, что проекция момента осциллятора на ось z равна $m = -1$?

А. $1/3$

Б. $2/3$

В. 0

Г. это зависит от состояния

473. Сферический осциллятор находится в состоянии с «декартовыми» квантовыми числами $n_x = 1, n_y = 0, n_z = 0$. Какие значения момента импульса можно получить при измерениях?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии сферического гармонического осциллятора равна 3.

А. $l = 1$

Б. $l = 0$

В. $l = 1$ и $l = 2$

Г. $l = 2$ и $l = 3$

474. Сферический осциллятор находится в состоянии с «декартовыми» квантовыми числами $n_x = 0, n_y = 1, n_z = 0$. Какие значения проекции момента импульса на ось z можно получить при измерениях?

А. $m = 0$

Б. $m = 1$

В. $m = 1$ и $m = -1$

Г. $m = 2$ и $m = -2$

475. Сферический осциллятор находится в состоянии с «декартовыми» квантовыми числами $n_x = 0, n_y = 0, n_z = 1$. Какие значения проекции момента импульса на ось z можно получить при измерениях?

А. $m = 0$

Б. $m = 1$

В. $m = 1$ и $m = -1$

Г. $m = 2$ и $m = -2$

476. Сферический осциллятор находится в состоянии с «декартовыми» квантовыми числами $n_x = 0, n_y = 0, n_z = 2008$. Какие значения проекции момента импульса на ось z можно получить при измерениях?

А. $m = 0$

Б. $m = 2008$ и $m = -2008$

В. $m = 2008$

Г. все значения от $m = 0$ до $m = 2008$

477. Сферический осциллятор находится на первом возбужденном уровне энергии. Какой формулой не может описываться зависимость его волновой функции от полярного и азимутального углов ϑ и φ ?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии сферического гармонического осциллятора равна 3.

А. $\sin \vartheta \sin \varphi$

Б. $\cos \vartheta$

В. $\sin \vartheta \exp(-i\varphi)$

Г. $\cos \vartheta \cos \varphi$

478. Сферический осциллятор находится на втором возбужденном уровне энергии в состоянии с моментом $l = 2$. Сколько узлов имеет радиальная волновая функция электрона $\chi(r)$, включая узел при $r = 0$ ($\Psi(r, \vartheta, \varphi) = R(r)Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$, $R(r) = \chi(r)/r$)?

А. 1 Б. 2 В. 3 Г. 4

479. Сферический осциллятор находится в стационарном состоянии. Будет ли четность осциллятора иметь определенное значение?

А. да Б. нет В. зависит от состояния
Г. только если осциллятор находится в основном или первом возбужденном состоянии

480. Боровский радиус – это (μ – масса электрона, e – его заряд, c – скорость света)

А. $\frac{\hbar^2}{\mu c^2}$ Б. $\frac{e^2}{\mu \hbar^2}$ В. $\frac{\hbar^2}{e^2 c^2}$ Г. $\frac{\hbar^2}{\mu e^2}$

481. Электрон находится в водородоподобном ионе с зарядом ядра Z . Как боровский радиус зависит от Z ?

А. как Z Б. как $\sqrt{Z}$ В. как $\frac{1}{Z}$ Г. как $\frac{1}{\sqrt{Z}}$

482. Какая из четырех нижеперечисленных величин является атомной единицей энергии (μ – масса электрона, e – его заряд)?

А. $\frac{\mu e^2}{\hbar^2}$ Б. $\frac{\hbar^2}{\mu e^2}$ В. $\frac{\mu e^4}{\hbar^2}$ Г. $\frac{\hbar^2}{\mu e^4}$

483. Какой формулой исчерпываются энергии всех стационарных состояний электрона в атоме водорода ($N = 1, 2, 3, \dots$, μ – масса электрона, e – его заряд)?

А. $-\frac{\mu e^4}{N^2 \hbar^2}$ Б. $-\frac{\mu e^4}{N \hbar^2}$
В. $-\frac{\mu e^4}{2N^2 \hbar^2}$ Г. $-\frac{\mu e^4}{2N \hbar^2}$

484. Волновая функция основного состояния электрона в атоме водорода это

А. $C \exp(-r/a)$ Б. $Cr \exp(-r/a)$ В. $C \exp(-r/2a)$

Г. $C \exp(-r/2a)$

(C – нормировочная постоянная, a – боровский радиус).

485. Электрон находится в основном состоянии атома водорода, то есть его состояние описывается волновой функцией $C \exp(-r/a)$ (C – нормировочная постоянная, a – боровский радиус). Каково наиболее вероятное расстояние от электрона до ядра?

А. $r_{н.в.} = 0$

Б. $r_{н.в.} = a/2$

В. $r_{н.в.} = a$

Г. $r_{н.в.} = 2a$

486. Электрон в атоме водорода находится в стационарном состоянии. Будет ли момент импульса электрона иметь определенное значение?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. это зависит от гамильтониана электрона

487. Для электрона в атоме водорода сравнить $E_{n_r=4l=3}$ и $E_{n_r=5l=2}$.

А. $E_{n_r=4l=3} > E_{n_r=5l=2}$

Б. $E_{n_r=4l=3} < E_{n_r=5l=2}$

В. $E_{n_r=4l=3} = E_{n_r=5l=2}$

Г. это зависит от m

488. Для электрона в атоме водорода сравнить $E_{n_r=0l=3}$ и $E_{n_r=1l=4}$.

А. $E_{n_r=0l=3} > E_{n_r=1l=4}$

Б. $E_{n_r=0l=3} < E_{n_r=1l=4}$

В. $E_{n_r=0l=3} = E_{n_r=1l=4}$

Г. зависит от m

489. Какие ортогональные многочлены определяют радиальные волновые функции стационарных состояний электрона в атоме водорода?

А. полиномы Лежандра

Б. полиномы Лагерра

В. присоединенные полиномы Лежандра

Г. полиномы Эрмита

490. Электрон в атоме водорода находится в стационарном состоянии с квантовыми числами n_r , l и m (n_r – радиальное квантовое число, l – момент и m – проекция момента). От каких квантовых чисел зависит радиальная волновая функция $R(r)$ электрона ($\Psi(r, \vartheta, \varphi) = R(r)Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$)?

А. функция $R(r)$ зависит от всех квантовых чисел n_r , l и m

Б. функция $R(r)$ зависит от n_r , но не зависит от l и m

В. функция $R(r)$ зависит от n_r и l , но не зависит от m

Г. функция $R(r)$ зависит от l и m , но не зависит от n_r

491. Электрон в атоме водорода находится в стационарном состоянии. Будет ли четность этого состояния иметь определенное значение?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. да, если электрон на первом возбужденном уровне энергии

492. В каких пределах может меняться момент l стационарного состояния электрона в атоме водорода при фиксированном радиальном квантовом числе n_r этого состояния?

А. любое целое число из интервала значений $0 \leq l \leq n_r - 1$

Б. любое целое число из интервала значений $0 \leq l \leq n_r$

В. любое целое число из интервала значений $0 \leq l \leq n_r + 1$

Г. любое целое неотрицательное число

493. Какой формулой определяется энергия стационарного состояния с квантовыми числами n_r , l и m электрона в атоме водорода (n_r – радиальное квантовое число, l – момент и m – проекция момента; нумерация n_r начинается с единицы)?

А. $-\frac{e^2}{2a(n_r + l)^2}$

Б. $-\frac{e^2}{2a(n_r + l + 1)^2}$

В. $-\frac{e^2}{2a(n_r + l + m)^2}$

Г. $-\frac{e^2}{2a(n_r + l + m + 1)^2}$

494. Электрон в атоме водорода находится в состоянии с квантовыми числами $n_r = 4, l = 6, m = 2$ (нумерация n_r начинается с нуля). Сколько узлов имеет радиальная волновая функция (без учета узла при $r = 0$)

А. 4

Б. 6

В. 2

Г. 12

495. Радиальная волновая функция электрона, находящегося в стационарном состоянии в атоме водорода имеет пять узлов. Чему равен момент импульса электрона?

А. $l = 4$

Б. $l = 5$

В. $l = 6$

Г. это несвязанные вещи

496. Какова кратность вырождения третьего возбужденного уровня энергии электрона в атоме водорода?

А. 9 Б. 16 В. 25 Г. 36

497. Какова кратность вырождения уровня энергии $-\frac{me^4}{32\hbar^2}$ электрона в атоме водорода?

А. 4 Б. 9 В. 16 Г. 25

498. Электрон находится на первом возбужденном уровне энергии атома водорода. Измеряют момент импульса электрона. С какой вероятностью будет получено значение $l = 1$?

А. $w = 1/4$ Б. $w = 3/4$ В. $w = 0$

Г. это зависит от состояния

499. Электрон находится на первом возбужденном уровне энергии атома водорода. Какой функцией не может описываться зависимость его волновой функции от углов?

А. $\sin \vartheta \cos \varphi$ Б. $\cos \vartheta + \sin \vartheta e^{-i\varphi}$ В. $\cos \vartheta \cos \varphi$

Г. $\sin \vartheta (\cos \varphi - 2 \sin \varphi)$

500. Электрон находится на втором возбужденном уровне энергии атома водорода. Перечислите все значения момента импульса, которые можно обнаружить при измерениях

А. $l = 0$, $l = 1$ и $l = 2$ Б. $l = 0$, $l = 2$ и $l = 4$

В. $l = 1$ и $l = 3$ Г. $l = 0$ и $l = 2$

501. Электрон находится на третьем возбужденном уровне энергии атома водорода. Перечислите все значения проекции момента импульса на ось z , которые можно обнаружить при измерениях.

А. $l_z = -\hbar$, 0 , $\hbar$

Б. только значение $l_z = 3\hbar$

В. $l_z = -2\hbar$, $\hbar$, 0 , $\hbar$, $2\hbar$

Г. $l_z = -3\hbar$, $-2\hbar$, $\hbar$, 0 , $\hbar$, $2\hbar$, $3\hbar$

502. Какие значения момента импульса отвечают 10-му возбужденному уровню энергии электрона в атоме водорода?

А. все четные от $l = 0$ до $l = 10$

Б. все нечетные от $l = 1$ до $l = 11$

В. все возможные от $l = 0$ до $l = 10$

Г. все возможные от $l = 0$ до $l = 11$

503. Электрон в атоме водорода с вероятностью $1/4$ находится в состоянии с квантовыми числами $n_r = 3$, $l = 0$, а с вероятностью $3/4$ – в состоянии с квантовыми числами $n_r = 2$, $l = 1$. Будет ли состояние электрона стационарным?

А. да

Б. нет

В. зависит от значений магнитного квантового числа

Г. в некоторых случаях будет, в некоторых нет.

504. Электрон в атоме водорода с вероятностью $1/4$ находится в состоянии с квантовыми числами $n_r = 3$, $l = 0$, а с вероятностью $3/4$ – в состоянии с квантовыми числами $n_r = 1$, $l = 1$. Будет ли состояние электрона стационарным?

А. да

Б. нет

В. зависит от значений магнитного квантового числа

Г. в некоторых случаях будет, в некоторых нет.

505. Волновая функция электрона в атоме водорода в момент времени $t = 0$ равна $C \exp(-r/a)$ (C – нормировочная постоянная, a – боровский радиус). Какой формулой описывается волновая функция электрона в любой момент времени?

А. $C \exp(-r/a) e^{-\frac{ime^4 t}{\hbar^3}}$

Б. $C \exp(-r/a) e^{-\frac{ime^4 t}{2\hbar^3}}$

В. $C \exp(-r/a) e^{-\frac{ime^4 t}{\hbar^3}}$

Г. аналитически найти решение временного уравнения Шредингера для такого начального условия не удастся

506. Какой формулой определяются энергии s -состояний частицы массой μ в сферической бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме радиуса a ($n = 1, 2, 3, \dots$)?

А. $\frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2\mu(2a)^2}$

Б. $\frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2\mu a^2}$

В. $\frac{\pi^2 \hbar^2 n}{2\mu a^2}$

Г. $\frac{\pi^2 \hbar^2 n}{2\mu(2a)^2}$

507. Какой формулой определяются волновые функции стационарных состояний с $l = 0$ для частицы, находящейся в сферической бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме (k – некоторое число)?

А. $\psi(r) \sim \sin kr / r$ внутри ямы и $\psi(r) = 0$ снаружи

Б. $\psi(r) \sim \cos kr / r$ внутри ямы и $\psi(r) = 0$ снаружи

В. $\psi(r) \sim \exp(-kr) / r$ внутри ямы и $\psi(r) = 0$ снаружи

Г. $\psi(r) \sim \exp(ikr) / r$ внутри ямы и $\psi(r) = 0$ снаружи

508. Чему равна энергия второго стационарного p -состояния частицы массой μ в сферической бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме радиуса a ?

А. $\frac{12\pi^2 \hbar^2}{2\mu a^2}$

Б. $\frac{9\pi^2 \hbar^2}{2\mu a^2}$

В. $\frac{16\pi^2 \hbar^2}{2\mu a^2}$

Г. аналитическое выражение для энергий p -состояния частицы в сферической яме получить не удастся

509. Частица в сферической бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме находится в состоянии с квантовыми числами $n_r = 2$, $l = 3$, $m = -2$. Какова кратность вырождения этого уровня энергии?

А. 5

Б. 7

В. 9

Г. 11

510. Волновая функция частицы в бесконечно глубокой сферической прямоугольной потенциальной яме представляет собой линейную комбинацию собственных функций с квантовыми числами $n_r = 3$, $l = 0$, $m = 0$ и $n_r = 2$, $l = 1$, $m = 0$. Будет ли это состояние стационарным?

А. да

Б. нет

В. зависит от размера ямы

Г. в некоторых случаях будет, в некоторых – нет

ГЛАВА 5. СПИН

511. Спин электрона равен¹

А. $s = -1/2$

Б. $s = 1/2$

В. $s = 1/2$ и $s = -1/2$ с равными вероятностями

Г. $s = 1/2$ и $s = -1/2$, вероятности зависят от состояния

512. Проекция спина электрона на ось z равна

А. $s_z = 1/2$

Б. $s_z = -1/2$

В. $s_z = 1/2$ и $s_z = -1/2$ с равными вероятностями

Г. $s_z = 1/2$ и $s_z = -1/2$, вероятности зависят от состояния

513. Спин частицы равен $3/4$. Какие значения может принимать проекция ее спина на ось z ?

А. $+3/4$ и $-3/4$

Б. $+3/4$, $3/2$, $-3/2$ и $-3/4$

В. $3/2$ и $-3/2$

Г. спин таким быть не может

514. Спин частицы равен $s = 5/2$. Какова вероятность того, что проекция спина на ось z принимает значение $s_z = +5/2$?

А. 1

Б. 0

В. $1/2$

Г. это зависит от состояния

515. Спин частицы равен $s = 99/2$. Какова размерность линейного пространства спиновых функций частицы?

А. 97

Б. 98

В. 99

Г. 100

516. Частица имеет спин s . В каких пределах меняется координата s_z в списке аргументов этой функции $\psi(\vec{r}, s_z)$?

А. может быть любым числом от 0 до 1

Б. может быть любым числом от $-s$ до s

В. может быть любым числом от $-s$ до s через единицу

Г. может быть любым целым числом от $-s$ до s

517. В результате многократных измерений, выполненных над ансамблем тождественных квантовых систем, были обнаружены следующие вероятности различных проекций спина частицы на ось

¹ Во всех задачах этой главы $\hbar = 1$.

$y: w(s_y = -1) = 1/4, w(s_y = 0) = 1/4, w(s_y = 1) = 1/2$. Чему равен спин частицы?

А. 1

Б. 2

В. 3

Г. информации для ответа недостаточно

518. Волновая функция частицы со спином $s = 1/2$ $\psi(\vec{r}, s_z)$ известна. Вероятность того, что частица находится в малом элементе объема dV вблизи точки с радиусом-вектором $\vec{r}_0$ равна

А. $\left(|\psi(\vec{r}_0, s_z = -1/2)|^2 + |\psi(\vec{r}_0, s_z = 1/2)|^2 \right) dV$

Б. $\left(\int_{-s}^{+s} |\psi(\vec{r}_0, s_z)|^2 ds_z \right) dV$

В. $\left(|\psi(\vec{r}_0, s_z = -1)|^2 + |\psi(\vec{r}_0, s_z = 0)|^2 + |\psi(\vec{r}_0, s_z = 1)|^2 \right) dV$

Г. $|\psi(\vec{r}_0, s_z = 1/2)|^2 dV$

519. Волновая функция частицы со спином $s = 1/2$ $\psi(\vec{r}, s_z)$ известна. Каким из нижеперечисленных выражений определяется условие нормировки этой функции?

А. $\left(|\psi(\vec{r}, s_z = -1/2)|^2 + |\psi(\vec{r}, s_z = 1/2)|^2 \right) = 1$

Б. $\int \left(|\psi(\vec{r}, s_z = -1/2)|^2 + |\psi(\vec{r}, s_z = +1/2)|^2 \right) dV = 1$ (интегрирование проводится по всем значениям координат)

В. $\int \left(\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(\vec{r}, s_z)|^2 ds_z \right) dV = 1$ (внутренний интеграл – по спиновой переменной, внешний – по всем значениям координат)

Г. $d\omega(\vec{r}_0) = \int \left(\int_{-s}^{+s} |\psi(\vec{r}, s_z)|^2 ds_z \right) dV$ (внутренний интеграл – по спиновой переменной, внешний – по всем значениям координат)

520. Волновая функция частицы со спином $s = 1/2$ $\psi(\vec{r}, s_z)$ известна. Какой смысл имеет величина $\int |\psi(\vec{r}, s_z = 1/2)|^2 d\vec{r}$ (интег-

рирование проводится по всем значениям пространственных координат)?

А. это вероятность того, что частица находится в малом элементе объема $d\vec{r}$ вблизи точки с радиусом-вектором $\vec{r}$ независимо от проекции спина

Б. это вероятность того, что частица имеет проекцию спина $s_z = 1/2$ независимо от ее положения в пространстве

В. это вероятность того, что частица имеет проекцию спина $s_z = -1/2$ независимо от ее положения в пространстве

Г. это вероятность того, что частица находится в малом элементе объема $d\vec{r}$ вблизи точки с радиусом-вектором $\vec{r}$ с проекцией спина на ось z , равной $s_z = 1/2$

521. Спиновая волновая функция частицы равна

$$\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -1/2 \\ 0 \\ i\sqrt{3}/2 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Чему равен спин такой частицы?

А. 1 Б. 3/2 В. 2 Г. 5/2

522. В каком из состояний, спиновые волновые функции которых приведены ниже, частица имеет определенный спин?

А. только в состоянии $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -1 \\ i \end{pmatrix}$ Б. только в состоянии $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$

В. только в состоянии $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$ Г. во всех перечисленных

523. Какие из нижеперечисленных функций являются собственными функциями оператора $\hat{s}^2$?

А. только $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ и $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ Б. только $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ и $\begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$

В. только $\begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$ и $\begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix}$ Г. все двухкомпонентные столбцы

524. В каком из перечисленных состояний частица имеет определенную проекцию спина на ось z ?

А. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ Б. $\psi(s_z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

В. $\psi(s_z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i \\ i \end{pmatrix}$ Г. во всех

525. Какая из перечисленных функций является собственной функцией оператора $\hat{s}_z$?

А. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ Б. $\psi(s_z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$

В. $\psi(s_z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} i \\ i \end{pmatrix}$ Г. никакая из перечисленных

526. Частица находится в состоянии $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/2 \\ 1/2 \end{pmatrix}$. Что можно сказать о проекции спина на ось z в этом состоянии?

А. может принимать два значения $s_z = \sqrt{3}/2$ и $s_z = 1/2$ с одинаковыми вероятностями

Б. может принимать два значения $s_z = 1/2$ и $s_z = -1/2$ с вероятностями $3/4$ и $1/4$

В. проекция спина частицы, волновая функция которой – двухкомпонентный столбец, равна $1/2$ независимо от того, какие числа в этом столбце

Г. может принимать два значения $s_z = 1/2$ и $s_z = -1/2$ с одинаковыми вероятностями

527. В каком из четырех состояний, спинорные волновые функции которых приведены ниже, частица имеет определенную проекцию спина на ось z ?

$$\text{A. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} -1/\sqrt{2} \\ 0 \\ -1/\sqrt{2} \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} -i/\sqrt{3} \\ i/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{3} \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 0 \\ i \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{3} \end{pmatrix}$$

528. Чему равно среднее значение проекции спина на ось z в состоянии $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$?

$$\text{A. } \bar{s}_z = -1/2$$

$$\text{Б. } \bar{s}_z = 1/2$$

$$\text{В. } \bar{s}_z = 1/4$$

$$\text{Г. } \bar{s}_z = 0$$

529. Чему равно среднее значение проекции спина на ось z в состоянии $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -i/2 \\ \sqrt{3}/2 \end{pmatrix}$?

$$\text{A. } \bar{s}_z = -1/4$$

$$\text{Б. } \bar{s}_z = 1/4$$

$$\text{В. } \bar{s}_z = 1/2$$

$$\text{Г. } \bar{s}_z = -1/8$$

530. Какая из четырех функций ортогональна функции $\begin{pmatrix} 1/2 \\ i\sqrt{3}/2 \end{pmatrix}$?

$$\text{A. } \begin{pmatrix} -1/2 \\ i\sqrt{3}/2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \begin{pmatrix} \sqrt{3}/2 \\ -1/2 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \begin{pmatrix} i\sqrt{3}/2 \\ -1/2 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \begin{pmatrix} i\sqrt{3}/2 \\ 1/2 \end{pmatrix}$$

531. Чему равно скалярное произведение двух спиновых функций

$$\psi_1(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} \text{ и } \psi_2(s_z) = \begin{pmatrix} i \\ -2i \end{pmatrix}?$$

А. $-i+2$ Б. $i+2$ В. $i-2$ Г. $-i-2$

532. Дана спиновая волновая функция некоторого состояния частицы

$$\psi(s_z) = \begin{pmatrix} i/3 \\ 2/3 - 2i/3 \\ 0 \end{pmatrix}. \text{ Что можно сказать о нормировке этой}$$

функции?

А. она нормирована на 1 Б. она нормирована на 2

В. она нормирована на 3 Г. она нормирована на 9

533. Частица находится в состоянии с волновой функцией

$$\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -3i/\sqrt{11} \\ \sqrt{2/11} \end{pmatrix}. \text{ Будет ли квадрат проекции спина на ось } z$$

иметь определенное значение в этом состоянии?

А. да Б. нет В. зависит от способа измерений

Г. недостаточно информации, чтобы ответить

534. Частица находится в состоянии с волновой функцией

$$\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -1/2 \\ 0 \\ i\sqrt{3}/2 \end{pmatrix}. \text{ Будет ли квадрат проекции спина на ось } z$$

иметь определенное значение в этом состоянии?

А. да Б. нет В. зависит от способа измерений

Г. недостаточно информации, чтобы ответить

535. Частица находится в состоянии с волновой функцией

$$\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -1/\sqrt{2} \\ i/\sqrt{2} \\ 0 \end{pmatrix}. \text{ Будет ли квадрат проекции спина на ось } z$$

иметь определенное значение в этом состоянии?

А. да Б. нет В. зависит от способа измерений

Г. недостаточно информации, чтобы ответить

536. Частица со спином $s=1$ находится в состоянии со спиновой функцией

$$\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{3} \\ 1/\sqrt{3} \end{pmatrix}. \text{ Найти } \overline{s_z^2} \text{ в этом состоянии.}$$

А. $\overline{s_z^2} = 1/3$

Б. $\overline{s_z^2} = 2/3$

В. $\overline{s_z^2} = 1/6$

Г. $\overline{s_z^2} = 5/6$

537. Спин частицы равен $1/2$. Чему равны собственные значения оператора проекции спина на ось y ?

А. $+1$ и -1

Б. $+1/2$ и $-1/2$

В. $+1, 0$ и -1

Г. $+3/2, +1/2, -1/2$ и $-3/2$

538. Частица со спином $1/2$ находится в состоянии, в котором проекция ее спина на ось z с вероятностью $1/4$ принимает значение $1/2$ и с вероятностью $3/4$ – значение $-1/2$. Какой функцией не может описываться состояние такой частицы?

А. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -1/2 \\ i\sqrt{3}/2 \end{pmatrix}$

Б. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -i\sqrt{3}/2 \\ 1/2 \end{pmatrix}$

В. $\psi(s_z) = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ -1 \end{pmatrix}$

Г. $\psi(s_z) = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$

539. Какая матрица (матрицы) отвечает эрмитовому оператору?

А. $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$

Б. $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$

В. $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

Г. $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$

540. Какая матрица (матрицы) отвечает эрмитовому оператору?

А. $\begin{pmatrix} i & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix}$

Б. $\begin{pmatrix} 0 & i \\ -i & 0 \end{pmatrix}$

В. $\begin{pmatrix} i & 0 \\ 0 & -i \end{pmatrix}$

Г. $\begin{pmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{pmatrix}$

541. Коммутатор $[\hat{s}_x, \hat{s}_z]$ равен

А. $i\hat{s}_x$

Б. $i\hat{s}_y$

В. $-i\hat{s}_y$

Г. $\hat{s}^2$

542. Какой из перечисленных коммутаторов равен нулю?

А. только $[\hat{s}^2, \hat{s}_-]$

Б. только $[\hat{s}^2, \hat{s}_+]$

Г. только $[\hat{s}^2, \hat{s}_z]$

Г. все перечисленные

543. Выбрать верное равенство

А. $[\hat{s}_+, \hat{s}_-] = 2\hat{s}_x$ Б. $[\hat{s}_+, \hat{s}_-] = 2\hat{s}_y$

В. $[\hat{s}_+, \hat{s}_-] = 2\hat{s}_z$ Г. $[\hat{s}_+, \hat{s}_-] = 2\hat{s}^2$

(где $\hat{s}_{\pm} = \hat{s}_x \pm i\hat{s}_y$ – повышающий и понижающий проекцию спина частицы на ось z операторы)

544. Спин частицы равен 1. Какая матрица отвечает оператору $\hat{s}_z$ в s_z -представлении?

А. $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Б. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

В. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$

Г. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

545. Спин частицы равен 3/2. Какая матрица отвечает оператору $\hat{s}_z$ в s_z -представлении?

А. $\frac{3}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Б. $\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$

В. $\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

Г. $\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$

546. Спин частицы равен 100. Какой является матрица оператора $\hat{s}_z$?

А. диагональной, размерности 100×100 , на диагонали числа 100, 99, ..., 1

Б. диагональной, размерности 101×101 , на диагонали числа $100, 99, \dots, 0$

В. диагональной, размерности 200×200 , на диагонали числа $100, 99, \dots, -99, -100$

Г. диагональной, размерности 201×201 , на диагонали числа $100, 99, \dots, -99, -100$

547. Спин частицы равен $1/2$. Матрица оператора $\hat{s}^2$ – это

А. $\frac{3}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

Б. $\frac{3}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$

В. $\frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$

Г. $\frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

548. Какая функция получится в результате действия оператора $\hat{s}^2$

на спиновую волновую функцию $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$?

А. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 3/4 \\ -6/4 \end{pmatrix}$

Б. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 3/4 \\ 6/4 \end{pmatrix}$

В. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -3/4 \\ 6/4 \end{pmatrix}$

Г. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -3/4 \\ -6/4 \end{pmatrix}$

549. Спин частицы равен 1. Матрица оператора $\hat{s}^2$ – это

А. $\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}$

Б. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

В. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$

Г. $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$

550. Спин частицы равен $3/2$. Матрица оператора $\hat{s}^2$ – это

$$\text{A. } \frac{9}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \frac{15}{4} \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \frac{15}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \frac{9}{2} \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3 \end{pmatrix}$$

551. Какая из четырех нижеприведенных матриц отвечает оператору $\hat{s}_+$?

$$\text{A. } \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

552. Какая из четырех нижеприведенных матриц отвечает оператору $\hat{s}_-$?

$$\text{A. } \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

553. Какая функция получается в результате действия оператора, повышающего проекцию спина частицы на ось z , на спиновую функцию $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$?

$$\text{A. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \psi(s_z) \sim \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \psi(s_z) \sim \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \psi(s_z) \sim \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

554. Какая функция получится при действии оператора $\hat{s}_+$ на функцию $\psi(s_z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$?

$$\text{А. } \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

555. Спин частицы равен $\frac{1}{2}$. Какая из нижеприведенных матриц является матрицей оператора $\hat{s}_y$ в s_z -представлении?

$$\text{А. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} -i & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix}$$

556. Спин частицы равен $\frac{1}{2}$. Оператор квадрата проекции спина на ось y равен

$$\text{А. } \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \frac{1}{4} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

557. Спин частицы равен $\frac{1}{2}$. Какие из перечисленных функций являются собственными функциями оператора $\hat{s}_y^2$?

$$\text{А. только } \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ и } \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. только } \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ и } \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. только } \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} \text{ и } \begin{pmatrix} 1 \\ -i \end{pmatrix}$$

Г. все двухкомпонентные столбцы

558. Какая из четырех нижеперечисленных матриц является одной из матриц Паули?

$$\text{А. } \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \begin{pmatrix} i & 0 \\ 0 & -i \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \begin{pmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

559. Какая из четырех нижеперечисленных матриц является матрицей Паули σ_z ?

$$\text{A. } \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{Б. } \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \quad \text{В. } \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix} \quad \text{Г. } \begin{pmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

560. Какая матрица отвечает оператору $\hat{s}_x \hat{s}_y - \hat{s}_y \hat{s}_x$?

$$\text{A. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} i & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix} \quad \text{Б. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 & i \\ -i & 0 \end{pmatrix} \quad \text{В. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} i & 0 \\ 0 & -i \end{pmatrix} \quad \text{Г. } \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

561. Из четырех нижеприведенных спиновых функций только одна является собственной функцией оператора $\hat{s}_x$. Какая?

$$\text{A. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \text{Б. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} i \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} \quad \text{Г. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

562. Из четырех нижеприведенных состояний только в одном величина s_x имеет определенное значение. В каком?

$$\text{A. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{Б. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\text{В. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \quad \text{Г. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

563. Какая из нижеперечисленных функций является собственной функцией оператора $\hat{s}_y$?

$$\text{A. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} \quad \text{Б. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} -i \\ i \end{pmatrix} \quad \text{В. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

564. Чему равно среднее значение проекции спина на ось x в состоянии $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$?

$$\text{A. } \bar{s}_x = -1/4 \quad \text{Б. } \bar{s}_x = 1/4 \quad \text{В. } \bar{s}_x = 1/3 \quad \text{Г. } \bar{s}_x = 0$$

565. Чему равно среднее значение проекции спина на ось x в состоянии $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} \sqrt{3}/2 \\ 1/2 \end{pmatrix}$?

А. $\bar{s}_x = \sqrt{3}/8$ Б. $\bar{s}_x = -\sqrt{3}/8$ В. $\bar{s}_x = \sqrt{3}/4$

Г. $\bar{s}_x = -\sqrt{3}/4$

566. Чему равно среднее значение проекции спина на ось y в состоянии

$$\psi(s_z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}?$$

А. $\bar{s}_y = -1/4$ Б. $\bar{s}_y = 1/4$ В. $\bar{s}_y = 1/3$ Г. $\bar{s}_y = 0$

567. В результате действия на спиновую волновую функцию $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ оператора $\hat{s}_x$ получится следующая спиновая волновая функция

А. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1/2 \end{pmatrix}$ Б. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1/4 \end{pmatrix}$

В. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ Г. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 4 \end{pmatrix}$

568. В результате действия на спиновую волновую функцию $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ оператора $\hat{s}_y$ получится следующая спиновая волновая функция:

А. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -i \\ i/2 \end{pmatrix}$ Б. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} i \\ -i/2 \end{pmatrix}$ В. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} -i/2 \\ i \end{pmatrix}$

Г. $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} i/2 \\ -i \end{pmatrix}$

569. Спин частицы равен $1/2$. Какая матрица отвечает оператору $\hat{s}_x \hat{s}_y + \hat{s}_y \hat{s}_x$?

А. $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ Б. $\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ В. $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ Г. $\begin{pmatrix} i & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix}$

570. Какое утверждение относительно свойств оператора $\hat{s}_x\hat{s}_y$ является верным?

А. он неэрмитов

Б. он унитарен

В. он совпадает со своим обратным

Г. он нелинеен

571. Спиновая функция частицы имеет вид $\psi(s_z) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$. Будет ли

это состояние стационарным?

А. да

Б. нет

В. мало информации, чтобы ответить

Г. зависит от того, коммутирует ли оператор $\hat{s}_y$ с оператором Гамильтона или нет

572. Частица имеет спин $1/2$. Гамильтониан частицы не зависит от спиновых переменных. Оператор какого вида отвечает гамильтониану?

А. $\hat{H}(\vec{r}, s_z) = \hat{h}(\vec{r}) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ Б. $\hat{H}(\vec{r}, s_z) = \hat{h}(\vec{r}) \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$

В. $\hat{H}(\vec{r}, s_z) = \hat{h}(\vec{r}) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$ Г. $\hat{H}(\vec{r}, s_z) = \hat{h}(\vec{r}) \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$

(где оператор $\hat{h}(\vec{r})$ действует на пространственные переменные)

573. Частица имеет спин $1/2$. Гамильтониан частицы не зависит от спиновых переменных. Какой функцией описывается спиновая часть собственных функций гамильтониана?

А. только $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$

Б. только $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

В. никакой из них

Г. любой линейной комбинацией функций А и Б

ГЛАВА 6. КВАЗИКЛАССИЧЕСКОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ

574. Квазиклассическое приближение – это

А. метод перехода от квантовой механики к механике классической
Б. приближение, в котором оператор импульса заменяется на импульс

В. метод приближенного решения стационарного уравнения Шредингера, основанный на «плавности» потенциала как функции координаты

Г. метод приближенного решения временного уравнения Шредингера, основанный на «плавности» волновой функции системы как функции времени

575. Чтобы квазиклассическое приближение работало, нужно чтобы

А. потенциальная энергия была резкой функцией координаты

Б. потенциальная энергия была плавной функцией координаты

В. потенциальная энергия была большой

Г. потенциальная энергия была маленькой

576. Какой из нижеследующих формул определяется параметр квазиклассичности? ($k(x) = \sqrt{2m(E - U(x))/\hbar^2}$, m – масса частицы)

А. $\left| \frac{k'(x)}{k^2(x)} \right|$

Б. $\left| \frac{k^2(x)}{k'(x)} \right|$

В. $\left| \frac{k'(x)}{k^3(x)} \right|$

Г. $\left| \frac{k^3(x)}{k'(x)} \right|$

577. Какова размерность параметра квазиклассичности $|k'(x)/k^2(x)|$?

А. длина

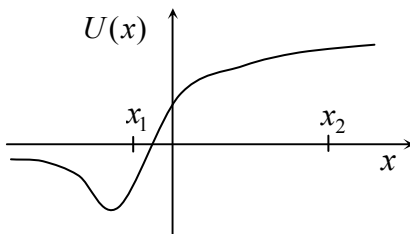
Б. $\frac{1}{\text{длина}}$

В. $\frac{1}{\text{длина}^2}$

Г. безразмерный

578. График зависимости потенциальной энергии от координаты приведен на рисунке. В какой точке – x_1 или x_2 – лучше работает квазиклассическое приближение?

А. в точке x_1



Б. в точке x_2

В. по рисунку это определить невозможно

Г. это зависит от энергии, при которой решается уравнение Шредингера

579. Условие применимости квазиклассического приближения часто записывают в виде $\frac{d\lambda(x)}{dx} \ll 1$. Что означает здесь $\lambda(x)$?

А. это длина волны света, который излучает частица в точке с координатой x

Б. это длина волны света, который имеет ту же энергию, что и частица в точке с координатой x

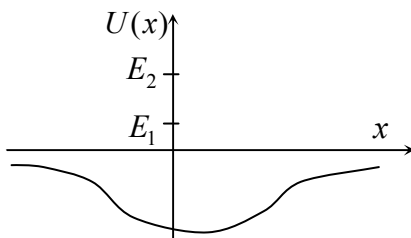
В. $\lambda(x) = \frac{\hbar}{p(x)} = \frac{\hbar}{\sqrt{2m(E - U(x))}}$ – де-бройлевская длина волны

частицы, выраженная через классический импульс в точке с координатой x

Г. $\lambda(x) = \frac{p(x)}{\hbar} = \frac{\sqrt{2m(E - U(x))}}{\hbar}$ – де-бройлевская длина волны

частицы, выраженная через классический импульс в точке с координатой x

580. График потенциальной энергии частицы имеет вид, показанный на рисунке. Уравнение Шредингера решается при двух энергиях – E_1 и E_2 (показаны на рисунке). При какой энергии лучше работает квазиклассическое приближение?



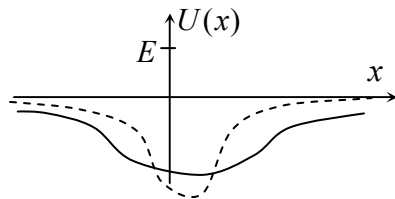
А. лучше при энергии E_1

Б. лучше при энергии E_2

В. безразлично

Г. от энергии точность квазиклассического приближения не зависит

581. Решается уравнение Шредингера при некоторой энергии E (показана на рисунке) в двух потенциалах, графики которых показаны



на рисунке (один потенциал – сплошной линией, второй – пунктиром). Для какого потенциала – «сплошного» или «пунктирного» – лучше работает квазиклассическое приближение?

А. лучше для «сплошного»

Б. лучше для «пунктирного»

В. одинаково

Г. зависит от энергии

582. Уравнение Шредингера решается в окрестности точки, в которой вторая производная потенциала равна нулю $V''(x)=0$. Что можно сказать о возможностях квазиклассического приближения в этой области?

А. оно хорошо работает

Б. оно плохо работает

В. точность квазиклассического приближения не связана со второй производной потенциала

Г. не работает никогда

583. Уравнение Шредингера решается в окрестности точки, в которой потенциал имеет максимум, при энергии, отличающейся от значения потенциала в точке максимума. Что можно сказать о возможностях квазиклассического приближения в этой области?

А. оно хорошо работает

Б. оно плохо работает

В. точность квазиклассического приближения не связана с максимальностью потенциала

Г. не работает никогда

584. Частица движется в потенциале $U(x) = U_0 = const$. Чему равно значение параметра квазиклассичности для этой частицы?

А. 0 Б. $\frac{U_0}{E}$ В. ∞ Г. $\frac{U_0 - E}{U_0}$

(E – энергия частицы)

585. Частица движется в потенциале $U(x) = \frac{\alpha}{x^2}$ ($\alpha < 0$). Каким

является параметр квазиклассичности при нулевой энергии частицы?

А. $\sqrt{\left| \frac{\hbar^2}{2m\alpha} \right|}$ Б. $\sqrt{\left| \frac{2m\alpha}{\hbar^2} \right|}$

В. $\left| \frac{\hbar^2}{2m\alpha} \right|$ Г. $\left| \frac{2m\alpha}{\hbar^2} \right|$

586. Частица движется в потенциале $U(x) = \frac{\alpha}{x^2}$ ($\alpha < 0$). При ка-

ких значениях координаты лучше работает квазиклассическое при-
ближение, если энергия частицы равна нулю?

А. при малых, так как потенциальная энергия – резкая функция ко-
ординаты при малых x

Б. при больших, так как потенциальная энергия – плавная функция
при больших x

В. при любых одинаково, так как параметр квазиклассичности не
зависит от координат

Г. это зависит от параметра α .

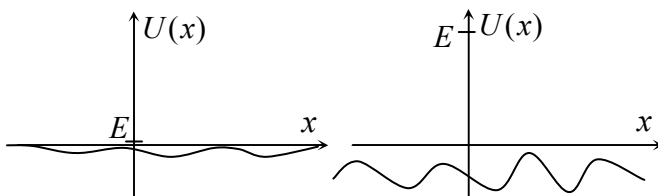
587. Решают уравнение Шредингера при энергии E в потенциалах,
изображенных на рисунках (энергия показана черточкой на оси по-
тенциалов). Для какого случая можно ожидать лучшей работы ква-
зиклассического приближения?

А. для левого

Б. для правого

В. одинаково

Г. мало информации, чтобы ответить



588. Какая из функций является квазиклассическим решением ста-
ционарного уравнения Шредингера в потенциале $U(x)$ при энер-
гии E при таких значениях координаты, когда $E > U(x)$?

А. $\frac{C}{\sqrt{k(x)}} \exp(-ik(x)x)$

Б. $C\sqrt{k(x)} \exp\left(-i \int_a^x k(t) dt\right)$

В. $\frac{C}{\sqrt{k(x)}} \exp\left(-i \int_a^x k(t) dt\right)$

Г. $\frac{C}{\sqrt{|k(x)|}} \exp\left(-i \int_a^x |k(t)| dt\right)$

($k^2(x) = 2m(E - U(x))/\hbar^2$, m – масса частицы, C и a – числа)

589. Какая из функций является квазиклассическим решением стационарного уравнения Шредингера в потенциале $U(x)$ при энергии E при таких значениях координаты, когда $E < U(x)$?

- А. $\frac{C}{\sqrt{|k(x)|}} \exp\left(-\int_a^x |k(t)| dt\right)$ Б. $\frac{C}{\sqrt{k(x)}} \exp\left(-i \int_a^x k(t) dt\right)$
 В. $C\sqrt{k(x)} \exp\left(-i \int_a^x k(t) dt\right)$ Г. $\frac{C}{\sqrt{|k(x)|}} \exp(-|k(x)|x)$

($k^2(x) = 2m(E - U(x))/\hbar^2$, m – масса частицы, C и a – числа)?

590. Включение множителя $1/\sqrt{k(x)}$ в квазиклассическое решение уравнения Шредингера

$$C \exp\left(i \int_a^x k(t) dt\right) \rightarrow \frac{C}{\sqrt{k(x)}} \exp\left(i \int_a^x k(t) dt\right)$$

приводит к тому, что

- А. эта функция перестает быть решением
 Б. изменяется начало отсчета координаты
 В. эта функция остается решением в том же порядке по параметру квазиклассичности
 Г. учитывается следующий порядок по параметру квазиклассичности

591. Включение множителя $\sqrt{k(x)}$ в квазиклассическое решение уравнения Шредингера

$$C \exp\left(i \int_a^x k(t) dt\right) \rightarrow C\sqrt{k(x)} \exp\left(i \int_a^x k(t) dt\right)$$

приводит к тому, что

- А. эта функция перестает быть решением
 Б. изменяется начало отсчета координаты
 В. эта функция остается решением в том же порядке по параметру квазиклассичности
 Г. учитывается следующий порядок по параметру квазиклассичности

592. К чему приведет изменение нижнего предела интегрирования $a \rightarrow a'$ в общем квазиклассическом решении уравнения Шредингера

$$\psi(x) = \frac{C}{\sqrt{k(x)}} \sin \left(\int_a^x k(t) dt \right) + \frac{D}{\sqrt{k(x)}} \cos \left(\int_a^x k(t) dt \right) ?$$

А. к тому, что эта функция перестанет быть решением

Б. к изменению произвольных постоянных C и D

В. к выходу в область неквазиклассичности

Г. к изменению начала отсчета времени

593. Частица массой m движется в потенциале $U(x) = \alpha x$. Какой формулой определяется квазиклассическое решение уравнения Шредингера при энергии E (в области, где $E > \alpha x$)?

А. $C \exp(\pm ib(E - \alpha x)^{3/2})$

Б. $C \exp(\pm ib(E - \alpha x)^{5/2})$

В. $C \exp(\pm ib(E - \alpha x)^{7/2})$

Г. $C \exp(\pm ib(E - \alpha x)^{9/2})$

(где C – произвольная постоянная, $b = \sqrt{\frac{4m}{3\alpha^2 \hbar^2}}$)

594. Частица движется в потенциале $U(x) = \frac{\alpha}{x^2}$ ($\alpha < 0$). Какой

формулой определяются квазиклассические решения уравнения Шредингера при энергии частицы, равной нулю?

А. $\sin \alpha x$ и $\cos \alpha x$

Б. $e^{-\alpha x}$ и $e^{\alpha x}$

В. $|x|^{i\sqrt{\alpha}}$ и $|x|^{-i\sqrt{\alpha}}$

Г. $|x|^\alpha$ и $|x|^{-\alpha}$

595. Для каких потенциалов квазиклассическое решение уравнения Шредингера совпадает с точным?

А. только для $U(x) = \text{const}$

Б. только для: $U(x) = \text{const}$ и $U(x) \sim x^2$

В. только для: $U(x) = \text{const}$, $U(x) \sim x^2$ и $U(x) \sim x$

Г. ни для какого из этих потенциалов

596. Рассматриваем решение стационарного уравнения Шредингера для частицы массой m в потенциале $U(x)$ при энергии E . Из какого уравнения можно найти такие значения координат, при которых квазиклассическое приближение не работает?

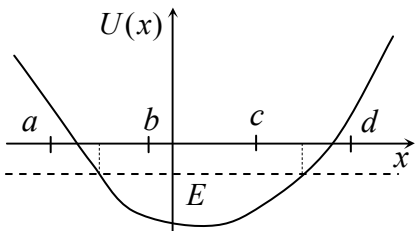
А. $E = U'(x)$

Б. $\sqrt{\frac{2m}{\hbar^2}} E^{3/2} = U'(x)$

В. $E = U(x)$

Г. $\sqrt{\frac{\hbar^2}{2m}} E^{-3/2} = U'(x)$

597. График потенциальной энергии частицы имеет вид, показанный на рисунке. Решается уравнение Шредингера при энергии E (показана на рисунке горизонтальной пунктирной прямой в том масштабе, который принят для оси потенциальной энергии). При каких значениях координат можно ожидать, что квазиклассическое приближение будет работать?



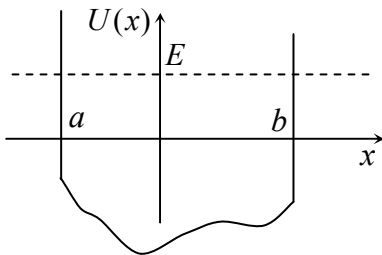
А. точность квазиклассического приближения от координат не зависит

Б. $a < x < c$

В. $a < x < b, \quad c < x < d$

Г. $x < a, \quad b < x < c, \quad x > d$

598. График потенциальной энергии частицы имеет вид, показанный на рисунке (потенциальные стенки при $x=a$ и $x=b$ вертикальны). Будет ли квазиклассическое решение уравнения Шредингера при энергии E (показана на рисунке горизонтальной пунктирной прямой в том масштабе, который принят для оси потенциальной энергии) работать в окрестностях точек поворота $x=a$ и $x=b$?



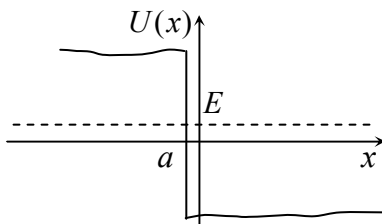
А. да

Б. нет

В. в окрестности точки $x=a$ – да, в окрестности $x=b$ – нет

Г. в окрестности точки $x=b$ – да, в окрестности $x=a$ – нет

599. Уравнение Шредингера решается в потенциале, график которого изображен на рисунке (в точке $x = a$ потенциал имеет вертикальную стенку конечной высоты). Энергия, для которой решается уравнение, показана на рисунке пунктирной горизонтальной прямой. Как установить условия сшивки квазиклассических решений справа и слева от точки поворота $x = a$?



- А. обходя точку поворота в комплексной плоскости энергии
- Б. заменяя потенциал линейной функцией
- В. приравнивая друг к другу значения квазиклассических функций и их производные в самой точке поворота
- Г. при таком разрыве потенциала «сшить» квазиклассические функции невозможно

600. Квазиклассическое приближение работает, если действие S , которое имела бы частица, если бы она двигалась по законам классической механики в данном потенциале при данной энергии, было

- А. $S \ll \hbar$
- Б. $S \gg \hbar$
- В. $S \gg m$
- Г. $S \ll E$

где m – масса частицы, E – ее энергия

601. Из квазиклассических решений уравнения Шредингера следует, что решение при $E > U(x)$ является

- А. растущей или затухающей функцией
- Б. осциллирующей функцией
- В. постоянной

Г. это зависит от E

602. Из квазиклассических решений уравнения Шредингера следует, что решение при $E < U(x)$ является

- А. растущей или затухающей функцией
- Б. осциллирующей функцией
- В. постоянной

Г. это зависит от E

603. «Так как в точках поворота $k(x) = 0$, то в этих точках квазиклассические решения уравнения Шредингера, содержащие $\sqrt{k(x)}$ в знаменателе, расходятся. Следовательно, классические точки поворота являются особыми точками решений уравнения Шредингера». Правильно ли это утверждение?

А. да, так как оно использует свойства приближенных квазиинвариантных решений

Б. нет, так как в окрестности точек поворота квазиклассические решения не имеют ничего общего с истинными решениями

В. это зависит от энергии

Г. это зависит от поведения потенциальной энергии в окрестностях точек поворота

604. Что позволяют «условия сшивки» квазиклассических функций?

А. установить соотношения между постоянными в квазиклассическом решении справа и слева от точек остановки классического движения

Б. связать квазиклассическое решение вдали от точек остановки с точным решением в окрестности точек остановки

В. связать решения справа и слева от особых точек потенциала

Г. найти значения квазиклассических функций в точках остановки

605. Какая формула представляет собой условие сшивки квазиклассических функций слева и справа от точки остановки?

А. $\frac{2C}{\sqrt{k(x)}} \cos\left(\int_a^x k(t)dt + \frac{\pi}{4}\right) \leftrightarrow \frac{C}{\sqrt{k(x)}} \sin\left(\int_x^a k(t)dt\right)$

Б. $\frac{2C}{\sqrt{k(x)}} e^{\left(-i\int_a^x k(t)dt\right)} \leftrightarrow \frac{C}{\sqrt{k(x)}} e^{\left(i\int_x^a k(t)dt\right)}$

В. $\frac{2C}{\sqrt{k(x)}} e^{\left(-i\int_a^x k(t)dt\right)} \leftrightarrow \frac{C}{\sqrt{k(x)}} e^{\left(i\int_x^a k(t)dt\right)}$

Г. $\frac{2C}{\sqrt{k(x)}} \cos\left(\int_x^a k(t)dt - \frac{\pi}{4}\right) \leftrightarrow \frac{C}{\sqrt{|k(x)|}} e^{\left(-i\int_a^x |k(t)|dt\right)}$

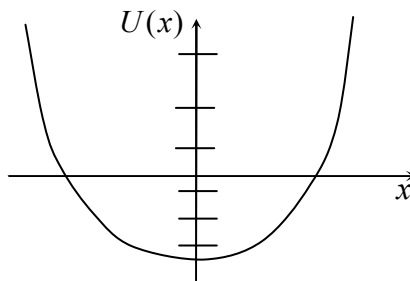
606. Квазиклассическое правило квантования дает возможность с помощью квазиклассического решения стационарного уравнения Шредингера найти:

- А. собственные функции оператора Гамильтона, отвечающие непрерывному спектру
- Б. собственные значения оператора Гамильтона, отвечающие непрерывному спектру
- В. собственные функции оператора Гамильтона, отвечающие дискретному спектру
- Г. собственные значения оператора Гамильтона, отвечающие дискретному спектру

607. Для каких уровней энергии выше точность квазиклассического правила квантования

- А. с маленькими квантовыми числами
- Б. с большими квантовыми числами
- В. для уровней, энергия которых много больше постоянной Планка
- Г. для уровней, энергия которых много меньше постоянной Планка

608. С помощью квазиклассического правила квантования ищутся энергии стационарных состояний в потенциале, график которого изображен на рисунке. С помощью горизонтальных отрезков на рисунке показаны энергии уровней, полученных из правила квантования. Для какого из перечисленных уровней следует ожидать лучшего совпадения квазиклассического результата с точным?



- А. для основного состояния
- Б. для второго уровня
- В. для четвертого
- Г. для шестого

609. Какое из нижеследующих равенств является правилом квантования Бора-Зоммерфельда

А. $\int_a^b \frac{1}{k^2(x)} dx \approx \pi n$

Б. $\int_a^b k^2(x) dx \approx \pi n$

В. $\int_a^b k(x) dx \approx \pi n$

Г. $\int_a^b \frac{1}{k(x)} dx \approx \pi n$

где $k(x) = \sqrt{2m(E - U(x))/\hbar^2}$, a и b – точки поворота

610. Квазиклассическое правило квантования

$$\int_a^b k(x) dx = \pi(n + 1/2) \quad (\text{где } k(x) = \sqrt{2m(E - U(x))/\hbar^2}, \quad a \text{ и } b -$$

классические точки поворота) является уравнением, из которого можно найти собственные значения оператора Гамильтона. В какие из нижеследующих величин входят искомые собственные значения (считать, что график зависимости потенциальной энергии не имеет «вертикальных» стенок)?

А. только в $k(x)$

Б. и в $k(x)$, и в a , и в

В. b только в $k(x)$ и a

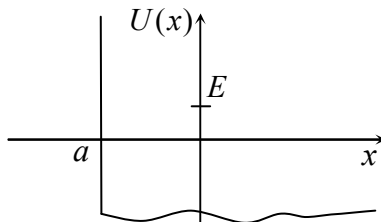
Г. ни в одну из перечисленных

611. Уравнение Шредингера решается в следующем потенциале:

$U(x) = \infty$ при $x < a$, $U(x)$ –

некоторая плавная функция координат при $x > a$ (см. рисунок; энергия E , для которой решается уравнение также показана на рисунке).

Какой функцией определяется в области далекой от точки поворота при $x > a$ хорошее квазиклассическое решение?



А. $\frac{1}{\sqrt{k(x)}} \cos\left(\int_a^x k(t) dt\right)$

Б. $\frac{1}{\sqrt{k(x)}} \sin\left(\int_a^x k(t) dt\right)$

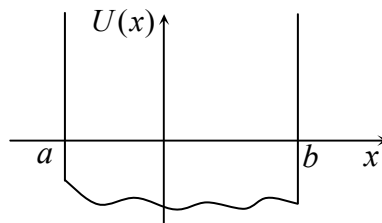
В. $\frac{1}{\sqrt{k(x)}} \exp\left(i \int_a^x k(t) dt\right)$

Г. $\frac{1}{\sqrt{k(x)}} \sin\left(\int_0^x k(t) dt\right)$

612. Каким будет правило квантования в потенциале: $U(x) = \infty$ при

$x < a$ и при $x > b$, $U(x)$ – неко-

торая известная плавная функция координаты при $a < x < b$ (бесконечно глубокая потенциальная яма с «непловким» дном; см. рисунок)?



$$\text{A. } \int_a^b k(x) dx = \pi n$$

$$\text{Б. } \int_a^b k(x) dx = \pi(n + 1/4)$$

$$\text{В. } \int_a^b k(x) dx = \pi(n + 1/2)$$

$$\text{Г. } \int_a^b k(x) dx = \pi(n + 3/4),$$

где $k(x) = \sqrt{2m(E - U(x))} / \hbar$.

613. Чему равно значение параметра квазиклассичности при таких значениях координаты, где $E = U(x)$ (E – энергия, при которой решается уравнение Шредингера в потенциале $U(x)$)?

А. 0

Б. 1

В. ∞

Г. -1

ГЛАВА 7. ТЕОРИЯ ВОЗМУЩЕНИЙ

7.1. Теория возмущений без вырождения

614. Теория возмущений позволяет вычислить:

А. оператор возмущения, если известно классическое выражение для возмущающего систему потенциала

Б. поправки к энергиям стационарных состояний непрерывного спектра

В. поправки к энергиям стационарных состояний дискретного спектра

Г. поправки к волновым функциям стационарных состояний дискретного спектра

615. На частицу с зарядом e накладывается однородное электрическое поле с напряженностью E , направленное вдоль оси z . Каким является оператор возмущения?

А. $\hat{V} = -eEr \sin \varphi$ Б. $\hat{V} = -eEr \sin \vartheta$ В. $\hat{V} = -eEr \cos \varphi$

Г. $\hat{V} = -eEr \cos \vartheta$

616. На бесспиновую частицу с зарядом e накладывается однородное магнитное поле с напряженностью H , направленное вдоль оси z . Каким является оператор возмущения ($\hat{L}_z$, $\hat{L}^2$ и $\hat{p}_z$ – операторы проекции орбитального момента на ось z , квадрата орбитального момента и проекции импульса)?

А. $\hat{V} = -\frac{eH\hat{L}_z}{2mc}$ Б. $\hat{V} = -\frac{eH\hat{L}^2}{2mc}$

В. $\hat{V} = -\frac{eH\hat{p}_z}{2mc}$ Г. $\hat{V} = -\frac{eHz}{2mc}$

617. На незаряженную частицу со спином $s = 1/2$ накладывается однородное магнитное поле с напряженностью H , направленное вдоль оси y . Каким является оператор возмущения в s_z -представлении, если отношение собственного магнитного момента к собственному механическому моменту для этой частицы известно и равно μ ?

$$\text{A. } \hat{V} = -\frac{\mu H \hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Б. } \hat{V} = -\frac{\mu H \hbar}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$\text{B. } \hat{V} = -\frac{\mu H \hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Г. } \hat{V} = -\frac{\mu H \hbar}{2} \begin{pmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

618. На незаряженную бесспиновую частицу накладывается однородное магнитное поле с напряженностью H , направленное вдоль оси y . Каким является оператор возмущения ($\hat{L}_z$, $\hat{L}^2$ и $\hat{p}_z$ – операторы проекции орбитального момента на ось z , квадрата орбитального момента и проекции импульса)?

$$\text{A. } \hat{V} = -\frac{H \hat{L}_z}{2mc}$$

$$\text{Б. } \hat{V} = -\frac{H \hat{L}^2}{2mc}$$

$$\text{B. } \hat{V} = -\frac{H \hat{p}_z}{2mc}$$

$$\text{Г. } \hat{V} = 0$$

619. Уровни энергии ε_i некоторой квантовой системы не вырождены. На систему накладывается возмущение $\hat{V}$, матричные элементы оператора которого с невозмущенными собственными функциями V_{ik} известны. Какой формулой определяется поправка первого порядка к энергии i -го стационарного состояния?

$$\text{A. } \Delta E_i^{(1)} = \frac{1}{2} (V_{i,i+1} + V_{i-1,i})$$

$$\text{Б. } \Delta E_i^{(1)} = \sum_k V_{ik}$$

$$\text{B. } \Delta E_i^{(1)} = V_{ii}$$

$$\text{Г. } \Delta E_i^{(1)} = \sum_k V_{ki}$$

620. Уровни энергии ε_i некоторой квантовой системы не вырождены. На систему накладывается возмущение $\hat{V}$, матричные элементы оператора которого с невозмущенными собственными функциями V_{ik} известны. Какой формулой определяется поправка второго порядка к энергии i -го стационарного состояния?

$$\text{A. } \Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|^2}{\varepsilon_i - \varepsilon_k}$$

$$\text{Б. } \Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|^2}{\varepsilon_k - \varepsilon_i}$$

$$\text{В. } \Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|}{(\varepsilon_i - \varepsilon_k)^2}$$

$$\text{Г. } \Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ki}|}{\varepsilon_i - \varepsilon_k}$$

621. Какая из двух формул $\Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|^2}{\varepsilon_i - \varepsilon_k}$ или

$$\Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ki}|^2}{\varepsilon_i - \varepsilon_k}$$

для поправки к энергии i -го стационарного состояния правильна?

А. первая

Б. вторая

В. обе, поскольку приводят к одинаковому результату

Г. зависит от невозмущенной системы

622. Какая из двух формул $\Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|^2}{\varepsilon_i - \varepsilon_k}$ или

$$\Delta E_i^{(2)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|^2}{\varepsilon_k - \varepsilon_i}$$

для поправки к энергии i -го стационарного состояния правильна?

А. первая

Б. вторая

В. обе, поскольку приводят к одинаковому результату

Г. зависит от невозмущенной системы

623. На некоторую квантовую систему накладывают малое возмущение $\hat{V}$, причем известно, что диагональный матричный элемент оператора возмущения с невозмущенными функциями основного состояния равен нулю. Увеличится или уменьшится при этом энергия основного состояния системы?

А. увеличится

Б. уменьшится

В. не изменится

Г. мало информации для ответа

624. На одномерную квантовую систему, собственные значения ε_i и собственные функции $\varphi_i(x)$ оператора Гамильтона которой из-

вестны, накладывают возмущение $\hat{V}(x)$. Какой формулой определяются матричные элементы оператора возмущения?

А. $V_{ik} = \frac{\int \varphi_i^*(x) \hat{V}(x) \varphi_k(x) dx}{\varepsilon_i - \varepsilon_k}$

Б. $V_{ik} = \int \varphi_i^*(x) \hat{V}(x) \varphi_k(x) dx$

В. $V_{ik} = \varphi_i^*(x) \hat{V}(x) \varphi_k(x)$

Г. $V_{ik} = \frac{\varphi_i^*(x) \hat{V}(x) \varphi_k(x)}{\varepsilon_i - \varepsilon_k}$

625. Какую размерность имеют матричные элементы оператора возмущения?

А. длина

Б. импульс

В. энергия

Г. безразмерны

626. Энергии ε_i , входящие в формулы теории возмущений, это –

А. собственные значения возмущенного гамильтониана

Б. собственные значения невозмущенного гамильтониана

В. собственные значения свободного гамильтониана

Г. те значения энергии, которые можно обнаружить при измерениях в возмущенной системе

627. Какой формулой определяется условие применимости теории возмущений?

А. $\left| \frac{V_{ki}}{\varepsilon_i - \varepsilon_k} \right| \ll 1$

Б. $\left| \frac{V_{ki}^2}{\varepsilon_i - \varepsilon_k} \right| \ll 1$

В. $V_{ki} \ll 1$

Г. $\left| \frac{V_{ki}}{(\varepsilon_i - \varepsilon_k)^2} \right| \ll 1$

628. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили возмущение $\alpha \delta(x - a/2)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция, $\alpha > 0$. Как изменятся энергии состояний с четными квантовыми числами (основное состояние – $n = 1$) в первом порядке теории возмущений по сравнению с невозмущенной задачей?

А. увеличатся

Б. уменьшатся

В. не изменятся

Г. это зависит от размера ямы

629. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили возмущение $\alpha\delta(x - a/2)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. Какой формулой определяются поправки первого порядка к энергиям состояний с нечетными квантовыми числами (для основного состояния – $n = 1$)?

А. $\Delta E_i^{(1)} = \frac{\alpha}{2a}$ Б. $\Delta E_i^{(1)} = -\frac{2\alpha}{a}$ В. $\Delta E_i^{(1)} = \frac{2\alpha}{a}$

Г. $\Delta E_i^{(1)} = -\frac{\alpha}{2a}$

630. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили возмущение $\alpha\delta(x - a/2)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. Каким должен быть параметр α , чтобы для расчета энергий можно было пользоваться теорией возмущений?

А. $\alpha \ll \frac{\hbar^2}{ma}$ Б. $\alpha \ll \frac{m\hbar^2}{a}$ В. $\alpha \ll \frac{ma}{\hbar^2}$

Г. $\alpha \ll \frac{m}{a\hbar^2}$

631. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили возмущение $\alpha\delta(x - a/2)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. Для каких уровней – с большими или малыми квантовыми числами – лучше работает теория возмущений?

А. для больших Б. для малых В. безразлично

Г. для такого возмущения пользоваться теорией возмущений нельзя.

632. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0 x(a - x)$ ($V_0 > 0$). Как изменятся энергии стационарных состояний в первом порядке теории возмущений по сравнению с невозмущенной задачей?

А. увеличатся Б. уменьшатся В. не изменятся

Г. зависит от размера ямы

633. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0(x - a/2)$ ($V_0 > 0$).

Как изменятся энергии стационарных состояний в первом порядке теории возмущений по сравнению с невозмущенной задачей?

- А. увеличатся Б. уменьшатся В. не изменятся
Г. зависит от размера ямы

634. На частицу массой m , находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме шириной a , наложили малое возмущение $V(x) = V_0 x(x - a)$. При каком условии на величину V_0 для расчета возмущенных энергий и волновых функций стационарных состояний можно пользоваться теорией возмущений?

- А. $V_0 \ll \frac{\hbar^2}{ma}$ Б. $V_0 \ll \frac{\hbar^2}{ma^2}$ В. $V_0 \ll \frac{\hbar^2}{ma^3}$

- Г. $V_0 \ll \frac{\hbar^2}{ma^4}$

635. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0 \sin^2(2\pi x/a)$, где $V_0 > 0$. Как изменятся энергии стационарных состояний в первом порядке теории возмущений?

- А. увеличатся Б. уменьшатся В. не изменятся
Г. зависит от размера ямы

636. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0 \sin^2(2\pi x/a)$, где a – размер ямы. Какой формулой определяется поправка третьего порядка к энергии уровней?

- А. $\Delta E^{(3)} \sim \frac{V_0^3 m a^2}{\hbar^2}$ Б. $\Delta E^{(3)} \sim \frac{V_0^3 m^2 a^4}{\hbar^4}$

- В. $\Delta E^{(3)} \sim \frac{V_0^3 \hbar^4}{m^2 a^4}$ Г. $\Delta E^{(3)} \sim \frac{V_0^3 \hbar^2}{m a^2}$

637. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили возмущение $V(x) = V_0 \sin(\pi x/a)$, где $V_0 > 0$.

Как изменятся энергии стационарных состояний в первом порядке теории возмущений?

- А. увеличатся Б. уменьшатся В. не изменятся
Г. зависит от размера ямы

638. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0 f(x)$, где V_0 – некоторое число. Как поправки второго порядка теории возмущений к энергиям стационарных состояний зависят от V_0 ?

- А. $\Delta E^{(2)} \sim V_0$ Б. $\Delta E^{(2)} \sim V_0^2$ В. $\Delta E^{(2)} \sim V_0^{-2}$
Г. $\Delta E^{(2)} \sim V_0^{-1}$

639. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0 \cos(\pi x/a)$. Сколько ненулевых слагаемых входит в формулу для поправки второго порядка к энергии основного состояния?

- А. 1 Б. 2 В. 3 Г. бесконечно много

640. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0 \cos(\pi x/a)$. Сколько ненулевых слагаемых входит в формулу для поправки второго порядка к энергии 99-го стационарного состояния?

- А. 1 Б. 2 В. 99 Г. бесконечно много

641. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, наложили малое возмущение $V(x) = V_0 \cos(\pi x/a)$. Чему равна поправка второго порядка к энергии основного состояния?

$$\text{A. } \Delta E^{(2)} = -\frac{V_0^2 m a^2}{6\pi^2 \hbar^2}$$

$$\text{Б. } \Delta E^{(2)} = -\frac{V_0^2 m a^2}{12\pi^2 \hbar^2}$$

$$\text{В. } \Delta E^{(2)} = -\frac{V_0^2 m a^2}{3\pi^2 \hbar^2}$$

$$\text{Г. } \Delta E^{(2)} = -\frac{V_0^2 m a^2}{8\pi^2 \hbar^2}$$

642. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, наложили произвольное возмущение $V(x)$. Как поправка первого порядка к энергии n -го стационарного состояния зависит от квантового числа n при больших значениях n ?

А. растет с ростом n

Б. убывает с ростом n

В. не зависит от n

Г. это зависит от размера ямы

643. На одномерный гармонический осциллятор массой m и частотой ω накладывают малое возмущение $\hat{V}(x) = V_0 \sin(x/b)$. Каким будет сдвиг энергий стационарных состояний осциллятора в первом порядке теории возмущений?

$$\text{А. } \Delta E = 0$$

$$\text{Б. } \Delta E = V_0$$

$$\text{В. } \Delta E = \frac{V_0}{b} \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$$

$$\text{Г. } \Delta E = \frac{V_0}{b^2} \frac{\hbar}{m\omega}$$

644. На одномерный гармонический осциллятор накладывают малое возмущение $\hat{V}(x) = a \sin(x/b)$. Увеличится или уменьшится при этом энергия основного состояния осциллятора?

А. увеличится

Б. уменьшится

В. не изменится

Г. это зависит от знака параметра a

645. На одномерный гармонический осциллятор наложили малое возмущение $\hat{V}(x) = \alpha \delta(x)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. Как изменятся энергии нечетных уровней осциллятора (уровень с самой маленькой энергией – нулевой)?

А. увеличатся

Б. уменьшатся

В. не изменятся

Г. зависит от уровня

646. На одномерный гармонический осциллятор наложили возмущение $\hat{V}(x) = \alpha \delta(x)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. Как поправка первого порядка теории возмущений к энергии четных стационарных

состояний зависит от квантового числа состояния для больших значений квантового числа?

А. как $\frac{1}{\sqrt{n}}$

Б. как $\frac{1}{n}$

В. как $\frac{1}{n^2}$

Г. не зависит от n

647. На одномерный гармонический осциллятор наложили возмущение $\hat{V}(x) = \alpha \delta(x)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. Для каких уровней – с большими или малыми квантовыми числами – лучше работает теория возмущений?

А. с малыми

Б. с большими

В. не зависит от номера уровня

Г. такое возмущение нельзя учитывать по теории возмущений

648. На одномерный гармонический осциллятор наложили возмущение $\hat{V}(x) = \alpha \delta(x)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. При каких значениях параметра α это возмущение можно считать малым?

А. $\alpha \ll \hbar \omega a$

Б. $\alpha \gg \hbar \omega a$

В. $\alpha \ll \frac{\hbar \omega}{a}$

Г. $\alpha \gg \frac{\hbar \omega}{a}$ (здесь $a = \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$)

649. На одномерный гармонический осциллятор наложили возмущение $\hat{V}(x) = \alpha \delta(x)$, где $\delta(\dots)$ – δ -функция. Какой формулой определяется поправка четвертого порядка к энергиям уровней?

А. $\Delta E^{(4)} \sim \frac{\alpha^4 m}{\hbar^2 \omega}$

Б. $\Delta E^{(4)} \sim \frac{\alpha^4 m^3}{\hbar^4 \omega^2}$

В. $\Delta E^{(4)} \sim \frac{\alpha^4 m^2}{\hbar^3 \omega}$

Г. $\Delta E^{(4)} = 0$

650. На одномерный гармонический осциллятор наложили возмущение $\hat{V}(x) = \alpha x$. Сколько ненулевых слагаемых будут ходить в формулу для поправки второго порядка к энергии n -го стационарного состояния ($n \neq 0$)?

А. одно

Б. два

В. n

Г. бесконечно много

651. На одномерный гармонический осциллятор наложили малое возмущение $\hat{V}(x) = \alpha x$. Каким будет сдвиг энергии основного состояния осциллятора в первых двух порядках теории возмущений?

А. $\Delta E = -\frac{\alpha^2 \hbar}{2m^2 \omega^3}$

Б. $\Delta E = \alpha \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}} - \frac{\alpha^2 \hbar}{4m^2 \omega^3}$

В. $\Delta E = -\frac{\alpha^2 \hbar}{8m^2 \omega^3}$

Г. $\Delta E = \alpha \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}} - \frac{\alpha^2 \hbar}{16m^2 \omega^3}$

Указание. Матричный элемент оператора координаты с волновыми функциями основного $\varphi_0(x)$ и первого возбужденного $\varphi_1(x)$ стационарных состояний гармонического осциллятора равен

$$\int \varphi_0(x) x \varphi_1(x) dx = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}}.$$

652. На одномерный гармонический осциллятор накладывают малое возмущение $\hat{V}(x) = \alpha x^2$. Как поправки теории возмущений к энергии n -го уровня энергии зависят от n ?

А как n

Б. как n^2

В. как $\frac{1}{n}$

Г. не зависят от n

653. На одномерный гармонический осциллятор накладывают малое возмущение $\hat{V}(x) = V_0 f(x)$, где $f(x)$ – некоторая функция координаты, V_0 – параметр, имеющий размерность энергии. Как поправки второго порядка теории возмущений к энергиям уровней осциллятора зависят от V_0 ?

А как V_0

Б. как V_0^2

В. как V_0^3

Г. как V_0^4

654. На одномерный гармонический осциллятор наложили малое возмущение $\hat{V}(x) = \alpha x^4$. Какой формулой определяется поправка второго порядка к энергиям стационарных состояний?

А. $\Delta E^{(4)} \sim \frac{\alpha^2 \hbar}{m\omega^2}$

Б. $\Delta E^{(4)} \sim \frac{\alpha^2 \hbar}{m^2 \omega^3}$

$$\text{В. } \Delta E^{(4)} \sim \frac{\alpha^2 \hbar^2}{m^3 \omega^4}$$

$$\text{Г. } \Delta E^{(4)} \sim \frac{\alpha^2 \hbar^3}{m^4 \omega^5}$$

655. На одномерный гармонический осциллятор наложили возмущение $\hat{V}(x) = \alpha x^4$. При каких условиях на α для расчета влияния этого возмущения можно использовать теорию возмущений?

$$\text{А. } \alpha \ll \frac{m^5 \omega^6}{\hbar^4}$$

$$\text{Б. } \alpha \ll \frac{m^4 \omega^6}{\hbar^3}$$

$$\text{В. } \alpha \ll \frac{m^3 \omega^4}{\hbar^2}$$

$$\text{Г. } \alpha \ll \frac{m^2 \omega^3}{\hbar}$$

656. На одномерный гармонический осциллятор накладывают малое возмущение $\hat{V}(x) = a \cos(x/b)$. Как поправка первого порядка теории возмущений к энергии основного состояния зависит от b ?

А увеличивается с ростом b

Б. убывает с ростом b

В. не зависит от b

Г. равна нулю

657. На трехмерный гармонический осциллятор наложили малое возмущение $\hat{V}(x, y, z) = \alpha x$. Чему равен сдвиг энергии основного состояния осциллятора в первом порядке теории возмущений?

$$\text{А. } \Delta E^{(1)} = \alpha \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}}$$

$$\text{Б. } \Delta E^{(1)} = -\alpha \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$$

$$\text{В. } \Delta E^{(1)} = \alpha \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$$

$$\text{Г. } \Delta E^{(1)} = 0$$

658. На атом водорода накладывают однородное электрическое поле с напряженностью E . Чему равен сдвиг энергии основного состояния электрона в первом порядке теории возмущений?

$$\text{А. } \Delta E^{(1)} = \frac{E \hbar^2}{me^2}$$

$$\text{Б. } \Delta E^{(1)} = -\frac{E \hbar^2}{me^2}$$

$$\text{В. } \Delta E^{(1)} = 0$$

$$\text{Г. } \Delta E^{(1)} = \frac{2E \hbar^2}{me^2}$$

659. На атом водорода накладывают малое возмущение $\hat{V} = \alpha r^2$. Какой формулой определяется поправка первого порядка к энергии основного состояния?

$$\text{A. } \Delta E^{(1)} \sim \frac{\alpha \hbar^8}{m^5 e^6}$$

$$\text{Б. } \Delta E^{(1)} \sim \frac{\alpha \hbar^6}{m^3 e^5}$$

$$\text{B. } \Delta E^{(1)} \sim \frac{\alpha \hbar^4}{m^2 e^4}$$

$$\text{Г. } \Delta E^{(1)} \sim \frac{\alpha \hbar^2}{m e^2}$$

660. Собственные значения ε_i и собственные функции φ_i некоторой квантовой системы известны. Все собственные значения не вырождены. На систему накладывается возмущение $\hat{V}$, матричные элементы оператора которого с невозмущенными собственными функциями V_{ik} известны. Какой формулой определяется поправка теории возмущений первого порядка к волновой функции энергии i -го стационарного состояния?

$$\text{A. } \Delta \varphi_i^{(1)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{V_{ik}}{\varepsilon_i - \varepsilon_k} \varphi_k$$

$$\text{Б. } \Delta \varphi_i^{(1)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{V_{ik}}{(\varepsilon_i - \varepsilon_k)^2} \varphi_k$$

$$\text{B. } \Delta \varphi_i^{(1)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|^2}{\varepsilon_i - \varepsilon_k} \varphi_k$$

$$\text{Г. } \Delta \varphi_i^{(1)} = \sum_{k(k \neq i)} \frac{|V_{ik}|^2}{(\varepsilon_i - \varepsilon_k)^2} \varphi_k$$

661. Будут ли волновые функции стационарных состояний ψ_i , вычисленные в первом порядке теории возмущений согласно формуле

$$\psi_i = \varphi_i + \sum_{k(k \neq i)} \frac{V_{ik}}{\varepsilon_i - \varepsilon_k} \varphi_k, \text{ нормированы на единицу (здесь } \varphi_i \text{ и } \varepsilon_i$$

– нормированные на единицу волновые функции и энергии невозмущенных состояний, V_{ik} – матричные элементы оператора возмущения)?

А. да, точно

Б. нет

В. условие нормировки будет нарушаться во втором порядке по возмущению

Г. условие нормировки будет нарушаться в первом порядке по возмущению

662. На осциллятор, находящийся в девяносто девятом стационарном состоянии (основное состояние – нулевое), накладывают малое

возмущение $\hat{V}(x) = a \sin(x/b)$. Как изменится средняя четность этого состояния?

- А. уменьшится Б. увеличится В. не изменится
Г. это зависит от частоты осциллятора

663. На осциллятор накладывают малое возмущение $\hat{V}(x) = \alpha x^3$. Как изменится средняя четность стационарных состояний осциллятора?

- А. четных состояний – уменьшится, нечетных состояний – увеличится
Б. четных состояний – увеличится, нечетных состояний – уменьшится

В. для всех состояний – уменьшится

Г. для всех состояний – увеличится (основное состояние – нулевое)

664. На осциллятор, находящийся в сотом стационарном состоянии (основное состояние – нулевое) накладывают малое возмущение $\hat{V}(x) = a \cos(x/b)$. В первом порядке теории возмущений для волновой функции найти среднюю четность этого состояния

- А. $\bar{P} = -1$ Б. $\bar{P} = 1$ В. $\bar{P} = -1 + \frac{a}{\hbar\omega}$

Г. $\bar{P} = 1 - \frac{a}{\hbar\omega}$

665. На одномерный гармонический осциллятор наложили малое возмущение $\hat{V}(x) = \alpha x$. В первом порядке теории возмущений для волновой функции найти вероятность того, что четность возмущенного основного состояния осциллятора равна -1

- А. $w(P = -1) = \frac{\alpha^2}{2m\hbar\omega^3}$ Б. $w(P = -1) = \frac{\alpha^2}{4m\hbar\omega^3}$
В. $w(P = -1) = \frac{\alpha^2\hbar}{2m\omega^3}$ Г. $w(P = -1) = \frac{\alpha^2\hbar}{4m\omega^3}$

Указание. Матричный элемент оператора координаты с волновыми функциями основного $\varphi_0(x)$ и первого возбужденного $\varphi_1(x)$ ста-

ционарных состояний гармонического осциллятора равен

$$\int \varphi_0(x)x\varphi_1(x)dx = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}}.$$

666. На трехмерный гармонический осциллятор наложили малое возмущение $\hat{V}(x, y, z) = \alpha z$. Какие значения момента импульса осциллятора и его проекции на ось z можно обнаружить в возмущенном основном состоянии осциллятора? Ответ дать в первом порядке теории возмущений для волновой функции.

А. $l = 0, 1; l_z = 0$

Б. $l = 0; l_z = 0, 1$

В. $l = 0, l_z = 0$

Г. $l = 0, 1; l_z = 0, 1, -1$

667. На трехмерный гармонический осциллятор массой m и частотой ω накладывают малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}) = ay$. Какие значения проекции момента импульса возмущенного осциллятора на ось z можно обнаружить в основном состоянии? Ответ дать в первом порядке теории возмущений для волновой функции.

А. $l_z = 0$

Б. $l_z = 0, 1$

В. $l_z = 0, -1$

Г. $l_z = 0, \pm 1$

668. На атом водорода накладывают малое возмущение $\hat{V} = af(r)$, где $f(r)$ – функция от модуля радиуса-вектора. Какие значения момента импульса электрона и его проекции на ось z можно обнаружить в возмущенном основном состоянии атома?

А. $l = 0, 1, l_z = 0, \pm 1$

Б. $l = 0, l_z = 0$

В. $l = 0, 2, l_z = 0, \pm 2$

Г. $l = 0, 1, l_z = 0$

669. На атом водорода накладывают малое возмущение $\hat{V} = a \cos \vartheta$. Какие значения момента импульса электрона и его проекции на ось z можно обнаружить в основном состоянии атома? Ответ дать в первом порядке теории возмущений для волновой функции.

А. $l = 0, l_z = 0$

Б. $l = 0, 1, l_z = 0, \pm 1$

В. $l = 0, 2, l_z = 0, \pm 2$

Г. $l = 0, 1, l_z = 0$

670. На атом водорода накладывают малое возмущение $\hat{V} = a \cos^2 \varphi$. Какие значения проекции орбитального момента им-

пульса электрона на ось z можно обнаружить в возмущенном основном состоянии атома? Ответ дать в первом порядке теории возмущений для волновой функции.

А. $l_z = 0$

Б. $l_z = 0, \pm 1$

В. $l_z = 0, \pm 2$

Г. $l_z = 0, \pm 1, \pm 2$

671. На атом водорода накладывают малое возмущение $\hat{V} = f(r) \cos^2 \vartheta$, где $f(r)$ – некоторая функция модуля радиус-вектора. Состояния с какими значениями момента импульса «примешиваются» к основному состоянию электрона в первом порядке теории возмущений? Ответ дать в первом порядке теории возмущений для волновой функции.

А. $l = 0$

Б. $l = 0, 1$

В. $l = 0, 1, 2$

Г. $l = 0, 2$

672. На атом водорода накладывают малое возмущение $\hat{V} = a \cos^2 \vartheta$. Какие значения проекции момента импульса электрона на ось z можно обнаружить в основном состоянии атома? Ответ дать в первом порядке теории возмущений для волновой функции.

А. $l_z = 0$

Б. $l_z = 0, \pm 1$

В. $l_z = 0, \pm 2$

Г. $l_z = 0, \pm 1, \pm 2$

673. На атом водорода накладывают малое возмущение, оператор которого зависит только от z . Какие значения проекции момента импульса электрона на ось z можно обнаружить в основном состоянии атома? Ответ дать в первом порядке теории возмущений для волновой функции.

А. $l_z = 0$

Б. $l_z = 0, \pm 1$

В. $l_z = 0, \pm 2$

Г. $l_z = 0, \pm 1, \pm 2$

7.2. Теория возмущений при наличии вырождения

674. Правильные функции нулевого приближения – это

А. любые собственные функции невозмущенного гамильтониана, относящиеся к вырожденному уровню

Б. точные собственные функции возмущенного гамильтониана

В. такие линейные комбинации собственных функций невозмущенного гамильтониана, относящихся к вырожденному уровню, для которых недиагональные матричные элементы оператора возмущения равны нулю

Г. такие линейные комбинации собственных функций невозмущенного гамильтониана, относящихся к вырожденному уровню, для которых диагональные матричные элементы оператора возмущения равны нулю

675. Правильные функции нулевого приближения являются

А. точными собственными функциями невозмущенного гамильтониана

Б. точными собственными функциями возмущенного гамильтониана

В. точными решениями возмущенного временного уравнения Шредингера

Г. приближенными собственными функциями невозмущенного гамильтониана

676. Некоторая квантовая система имеет двукратно вырожденный уровень, которому отвечают невозмущенные волновые функции $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$. На систему накладывают возмущение $\hat{V}$. Правильные функции нулевого приближения $\psi_1(x)$ и $\psi_2(x)$ (которые не совпадают с $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$) известны. Какие из нижеследующих интегралов равны нулю?

А. $\int \varphi_1^*(x) \hat{V} \varphi_2(x) dx$

Б. $\int \psi_1^*(x) \hat{V} \psi_2(x) dx$

В. $\int \varphi_2^*(x) \hat{V} \varphi_2(x) dx$

Г. $\int \psi_1^*(x) \hat{V} \psi_1(x) dx$

677. Некоторая квантовая система имеет двукратно вырожденный уровень, которому отвечают невозмущенные волновые функции $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$. На систему накладывают возмущение $\hat{V}$. Правильные функции нулевого приближения $\psi_1(x)$ и $\psi_2(x)$ (которые не совпадают с $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$) известны. Какая из нижеследующих формул определяет поправку первого порядка к энергиям состояний?

А. $\int \varphi_1^*(x) \hat{V} \varphi_1(x) dx$ и $\int \varphi_2^*(x) \hat{V} \varphi_2(x) dx$

Б. $\int \psi_1^*(x) \hat{V} \psi_1(x) dx$ и $\int \psi_2^*(x) \hat{V} \psi_2(x) dx$

В. $\int \varphi_1^*(x) \hat{V} \varphi_2(x) dx$ и $\int \varphi_2^*(x) \hat{V} \varphi_1(x) dx$

Г. $\int \psi_1^*(x) \hat{V} \psi_2(x) dx$ и $\int \psi_2^*(x) \hat{V} \psi_1(x) dx$

678. Некоторая квантовая система имеет двукратно вырожденный уровень. На систему накладывают возмущение $\hat{V}$. Известно, что диагональные матричные элементы оператора возмущения с правильными функциями нулевого приближения одинаковы. Будет ли сниматься вырождение уровня в первом порядке теории возмущений?

А. да

Б. нет

В. информации для ответа недостаточно

Г. это зависит от величины возмущения

679. Некоторая квантовая система имеет двукратно вырожденный уровень. На систему накладывают возмущение $\hat{V}$. Известно, что диагональные матричные элементы оператора возмущения с правильными функциями нулевого приближения одинаковы. Будет ли сниматься вырождение уровня во втором порядке теории возмущений?

А. да

Б. нет

В. информации для ответа недостаточно

Г. это зависит от величины возмущения

680. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень, которому отвечают невозмущенные функции $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_s$. На систему накладывают возмущение, недиагональные матричные элементы которого с функциями φ_i равны нулю, диагональные – все одинаковы. Какие утверждения относительно свойств правильных функций нулевого приближения будут верными?

А. каждая из них обязательно совпадает с одной из функций φ_i

Б. правильными функциями будут произвольные линейные комбинации функций φ_i

В. ни одна из правильных функций не будет совпадать ни с одной из функций φ_i

Г. только определенные комбинации функций φ_i будут правильными функциями

681. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень, которому отвечают невозмущенные функции $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_s$. На систему накладывают возмущение, недиагональные матричные элементы которого с функциями φ_i равны нулю, диагональные – все различны. Какие утверждения относительно свойств правильных функций нулевого приближения будут верными?

А. каждая из них будет совпадать с одной из функций φ_i

Б. правильными функциями будут произвольные линейные комбинации функций φ_i

В. ни одна из правильных функций не будет совпадать ни с одной из функций φ_i

Г. только определенные комбинации функций φ_i (с ненулевыми коэффициентами) будут правильными функциями.

682. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень, которому отвечают невозмущенные функции $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_s$. На систему накладывают возмущение, недиагональные матричные элементы которого с функциями φ_i равны нулю, диагональные – все различны. Будет ли сниматься вырождение уровня?

А. только частично

Б. полностью

В. нет

Г. информации для ответа недостаточно

683. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень, которому отвечают невозмущенные функции $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_s$. На систему накладывают возмущение, диагональные матричные элементы которого с функциями φ_i равны нулю, недиагональные – все различны. Какие утверждения относительно свойств правильных функций нулевого приближения будут верными?

- А. каждая из них будет совпадать с одной из функций φ_i
- Б. ими будут любые линейные комбинации функций φ_i
- В. в этом случае правильные функции найти нельзя
- Г. только определенные комбинации функций φ_i будут правильными функциями нулевого приближения

684. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень. На систему накладывают возмущение, диагональные матричные элементы которого с невозмущенными функциями известны и равны V_{ii} , недиагональные – все равны нулю. Какими будут энергетические интервалы между возмущенными подуровнями?

- А. $\Delta E = (V_{ii} + V_{kk}) / 2$
- Б. $\Delta E = V_{ii} - V_{kk}$
- В. $\Delta E = V_{ii}$
- Г. $\Delta E = -V_{kk}$

(индексы i и k пробегают по всем вырожденным состояниям).

685. Некоторая квантовая система имеет N -кратно вырожденный уровень. На систему накладывают малое возмущение, которое полностью снимает вырождение этого уровня. Что это значит?

- А. возмущенная система имеет группу из N невырожденных уровней с небольшими энергетическими интервалами
- Б. у невозмущенной системы после выключения возмущения пропадет вырождение
- В. возмущенная система имеет группу из K ($K < N$) уровней с небольшими энергетическими интервалами, часть из которых будут невырожденными
- Г. возмущенная система имеет группу из K ($K > N$) уровней с небольшими энергетическими интервалами, часть из которых будут невырожденными.

686. Некоторая квантовая система имеет N -кратно вырожденный уровень. На систему накладывают малое возмущение, которое частично снимает вырождение этого уровня. Что это значит?

- А. возмущенная система имеет группу из N невырожденных уровней с небольшими энергетическими интервалами
- Б. у невозмущенной системы после выключения возмущения частично пропадет вырождение

В. возмущенная система имеет группу из K ($K < N$) уровней с небольшими энергетическими интервалами, часть из которых будут вырожденными

Г. возмущенная система имеет группу из K ($K > N$) уровней с небольшими энергетическими интервалами, часть из которых будут вырожденными

687. Некоторая квантовая система имеет N -кратно вырожденный уровень. На какое максимальное количество подуровней этот уровень может расщепиться под действием возмущения?

А. на $N/2$

Б. на N

В. на $2N$

Г. на 2

688. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень. На систему накладывают возмущение, которое полностью снимает вырождение этого уровня. Будут ли правильные функции нулевого приближения, отвечающие этому уровню, ортогональны?

А. да

Б. нет

В. вообще говоря, нет, но их можно выбрать так, чтобы были ортогональны

Г. информации для ответа недостаточно

689. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень. На систему накладывают возмущение, которое снимает вырождение этого уровня только частично. Будут ли правильные функции нулевого приближения ортогональны?

А. да

Б. нет

В. вообще говоря, нет, но их можно выбрать так, чтобы были ортогональны

Г. информации для ответа недостаточно

690. Некоторая квантовая система имеет вырожденный уровень. На систему накладывают возмущение. Будет ли выбор правильных функций нулевого приближения однозначным?

А. да

Б. нет

В. да, если вырождение снимается полностью

Г. да, если вырождение снимается хотя бы частично.

691. Пятый возбужденный уровень (шестой по счету в порядке возрастания энергии) некоторой трехмерной квантовой системы является четырехкратно вырожденным. На систему накладывается

малое возмущение $\hat{V}$. Какой размерности систему уравнений надо решать, чтобы определить расщепление этого уровня под действием возмущения $\hat{V}$?

А. 3 Б. 4 В. 5 Г. 6

692. Шестой возбужденный уровень (седьмой по счету в порядке возрастания энергии) некоторой трехмерной квантовой системы является пятикратно вырожденным. На систему накладывается малое возмущение $\hat{V}$. На какое максимальное количество подуровней может расщепиться уровень?

А. на 5 Б. на 6 В. на 7 Г. на 3

693. Уровень энергии ε некоторой квантовой системы двукратно вырожден. На систему накладывается малое возмущение, матричные элементы которого с невозмущенными собственными функциями известны: $V_{11} = V_{22} = 0$, $V_{12} = V_{21} = V$. Какими будут энергии подуровней E_1 и E_2 , на которые расщепится невозмущенный уровень?

А. $E_1 = E_2 = \varepsilon$ Б. $E_1 = \varepsilon + V$, $E_2 = \varepsilon$
В. $E_1 = \varepsilon$, $E_2 = \varepsilon - V$ Г. $E_1 = \varepsilon + V$, $E_2 = \varepsilon - V$

694. Уровень энергии ε некоторой квантовой системы двукратно вырожден. На систему накладывается малое возмущение, матричные элементы которого с невозмущенными собственными функциями φ_1 и φ_2 известны: $V_{11} = V_{22} = 0$, $V_{12} = V_{21} = V$. Какими будут правильные функции нулевого приближения?

А. $\psi_1 = \varphi_1$, $\psi_2 = \varphi_2$
Б. $\psi_1 \sim \varphi_1 + \varphi_2$, $\psi_2 \sim \varphi_1 - \varphi_2$
В. $\psi_1 \sim \varphi_1 + V\varphi_2$, $\psi_2 \sim \varphi_1 - V\varphi_2$
Г. $\psi_1 \sim \varphi_2 + V\varphi_1$, $\psi_2 \sim \varphi_2 - V\varphi_1$

695. Уровень энергии ε некоторой квантовой системы двукратно вырожден. На систему накладывается малое возмущение, матричные элементы которого с невозмущенными собственными функциями φ_1 и φ_2 известны: $V_{11} = V_{22} = 0$, $V_{12} = iV$, где V – действительное

тельное число. Какими будут энергии подуровней E_1 и E_2 , на которые расщепится невозмущенный уровень?

А. $E_1 = E_2 = \varepsilon$

Б. $E_1 = \varepsilon + V$, $E_2 = \varepsilon$

В. $E_1 = \varepsilon$, $E_2 = \varepsilon - V$

Г. $E_1 = \varepsilon + V$, $E_2 = \varepsilon - V$

696. Уровень энергии ε некоторой квантовой системы двукратно вырожден. На систему накладывается малое возмущение, матричные элементы которого с невозмущенными собственными функциями φ_1 и φ_2 известны: $V_{11} = V_{22} = 0$, $V_{12} = iV$, где V – действительное число. Какими будут правильные функции нулевого приближения?

А. $\psi_1 = \varphi_1$, $\psi_2 = \varphi_2$

Б. $\psi_1 \sim i\varphi_1 + \varphi_2$, $\psi_2 \sim i\varphi_1 - \varphi_2$

В. $\psi_1 \sim \varphi_1 + \varphi_2$, $\psi_2 \sim \varphi_1 - \varphi_2$

Г. $\psi_1 \sim \varphi_2 + V\varphi_1$, $\psi_2 \sim \varphi_2 - V\varphi_1$

697. Собственные функции φ_1 , φ_2 , φ_3 невозмущенного гамильтониана, относящиеся к трехкратно вырожденному уровню с энергией ε , известны. На квантовую систему накладывают возмущение $\hat{V}$, матричные элементы которого с функциями φ_i равны: $V_{11} = V_{22} = v$, $V_{33} = u$ ($u \neq v$), $V_{ik} = 0$ при $i \neq k$. Какими будут правильные функции нулевого приближения?

А. ψ_1 и ψ_2 – любые линейные комбинации функций φ_1 и φ_2 , $\psi_3 = \varphi_3$

Б. только $\psi_1 = \varphi_1$, $\psi_2 = \varphi_2$, $\psi_3 = \varphi_3$

В. ψ_1 и ψ_2 – любые линейные комбинации функций φ_1 и φ_3 , $\psi_3 = \varphi_2$

Г. только $\psi_1 \sim (\varphi_1 + \varphi_2)$, $\psi_2 \sim (\varphi_1 - \varphi_2)$, $\psi_3 = \varphi_3$

698. Собственные функции φ_1 , φ_2 , φ_3 невозмущенного гамильтониана, относящиеся к трехкратно вырожденному уровню с энергией ε , известны. На квантовую систему накладывают возмущение

$\hat{V}$, матричные элементы которого с функциями φ_i равны: $V_{11} = V_{22} = v$, $V_{33} = u$, $V_{ik} = 0$ при $i \neq k$. В первом порядке теории возмущений найти энергии собственных состояний возмущенного гамильтониана

А. $E_1 = E_2 = \varepsilon + v$, $E_3 = \varepsilon + u$

Б. $E_1 = E_2 = \varepsilon + \frac{v+u}{2}$, $E_3 = \varepsilon + \frac{v-u}{2}$

В. $E_1 = E_2 = \varepsilon + v + u$, $E_3 = \varepsilon + v - u$

Г. $E_1 = E_2 = E_3 = \varepsilon + v + u$

699. Собственные функции φ_1 , φ_2 , φ_3 невозмущенного гамильтониана, относящиеся к трехкратно вырожденному уровню с энергией ε , известны. На квантовую систему накладывают возмущение $\hat{V}$, матричные элементы которого с функциями φ_i равны: $V_{11} = V_{22} = v$, $V_{33} = u$ ($u \neq v$), $V_{ik} = 0$ при $i \neq k$. Будет ли в первом порядке теории возмущений сниматься вырождение уровня?

А. да, полностью

Б. да, частично

В. нет

Г. зависит от величины возмущения

700. Собственные функции φ_1 , φ_2 , φ_3 невозмущенного гамильтониана, относящиеся к трехкратно вырожденному уровню с энергией ε , известны. На квантовую систему накладывают возмущение $\hat{V}$, матричные элементы которого с функциями φ_i равны: $V_{11} = V_{22} = V_{33} = V_{13} = V_{31} = V_{23} = V_{32} = 0$, $V_{12} = V_{21} = V$. В первом порядке теории возмущений найти энергии собственных состояний возмущенного гамильтониана

А. $E_1 = E_2 = \varepsilon + V$, $E_3 = \varepsilon - V$

Б. $E_1 = \varepsilon + V$, $E_2 = \varepsilon - V$, $E_3 = \varepsilon$

В. $E_1 = E_2 = \varepsilon + V$, $E_3 = \varepsilon$

Г. $E_1 = E_2 = E_3 = \varepsilon + V$

701. Собственные функции φ_1 , φ_2 , φ_3 невозмущенного гамильтониана, относящиеся к трехкратно вырожденному уровню с энергией

ей ε , известны. На квантовую систему накладывают возмущение $\hat{V}$, матричные элементы которого с функциями φ_i равны:

$V_{11} = V_{22} = V_{33} = V_{13} = V_{31} = V_{23} = V_{32} = 0$, $V_{12} = V_{21} = V$. Найти правильные функции нулевого приближения

А. $\psi_1 \sim \varphi_1 + \varphi_2$, $\psi_2 \sim \varphi_1 - \varphi_2$, $\psi_3 \sim \varphi_3$

Б. $\psi_1 \sim \varphi_1$, $\psi_2 \sim \varphi_2$, $\psi_3 \sim \varphi_3$

В. $\psi_1 \sim \varphi_1 + 2\varphi_2$, $\psi_2 \sim \varphi_1 - 2\varphi_2$, $\psi_3 \sim \varphi_3$

Г. $\psi_1 \sim \varphi_1 + \varphi_2$, $\psi_2 \sim \varphi_2 - \varphi_3$, $\psi_3 \sim \varphi_3 - \varphi_1$

702. На незаряженную частицу со спином s накладывают слабое электрическое поле. На сколько подуровней расщепятся уровни энергии частицы, если частица обладает магнитным моментом?

А. не расщепятся

Б. на s

В. на $2s + 1$

Г. на $2s + 2$

703. На заряженную частицу, находящуюся в центральном поле (без случайного вырождения), накладывают электрическое поле. На сколько подуровней расщепится уровень энергии с моментом l в первом порядке теории возмущений?

А. не расщепится

Б. на l

В. на $2l + 1$

Г. на $2l + 2$

704. Заряженная частица находится в центральном поле со случайным вырождением. Имеется уровень энергии с вырождением состояний с $l = 0$ и $l = 2$. На частицу накладывают однородное электрическое поле. Произойдет ли расщепление этого вырожденного уровня энергии в первом порядке теории возмущений?

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины поля

Г. это зависит от радиальных квантовых чисел вырожденных состояний

705. Заряженная частица находится в центральном поле со случайным вырождением. Имеется уровень энергии с вырождением состояний с $l = 3$ и $l = 4$. На частицу накладывают однородное электрическое поле. Произойдет ли расщепление этого вырожденного уровня энергии?

А. да

Б. нет

В. зависит от величины поля

Г. зависит от радиальных квантовых чисел вырожденных состояний

706. На бесспиновую заряженную частицу, находящуюся в центральном поле (без случайного вырождения), накладывают магнитное поле. На сколько подуровней расщепится уровень энергии с моментом l ?

А. не расщепится

Б. на l

В. на $2l + 1$

Г. на $2l + 2$

707. На бесспиновую заряженную частицу, находящуюся в центральном поле (без случайного вырождения), накладывают магнитное поле. Какими будут правильные функции нулевого приближения, отвечающие уровню с моментом l ($-l \leq m \leq l$, через единицу)?

А. каждая содержит одну сферическую функцию Y_{lm}

Б. каждая содержит одну комбинацию $Y_{lm} + Y_{l-m}$

В. каждая содержит одну комбинацию $Y_{lm} + Y_{l0}$

Г. каждая содержит одну комбинацию $Y_{lm} - Y_{l0}$

708. На бесспиновую заряженную частицу, находящуюся в центральном поле (без случайного вырождения), накладывают слабое магнитное поле с напряженностью H . В каком энергетическом интервале будут лежать уровни энергии частицы, на которые расщепится уровень энергии с моментом l ?

А. $\Delta E = \frac{e\hbar H l}{mc}$

Б. $\Delta E = \frac{2e\hbar H}{mc}$

В. $\Delta E = \frac{e\hbar H l}{2mc}$

Г. $\Delta E = \frac{2e\hbar H l}{mc}$

709. На бесспиновую положительно заряженную частицу, находящуюся в центральном поле (без случайного вырождения), накладывают слабое магнитное поле, направленное вдоль оси z . Какой проекцией орбитального момента импульса на ось z будет обладать подуровень с минимальной энергией?

А. $l_z = l$

Б. $l_z = -l$

В. уровни не будут обладать определенной проекцией момента на ось z

Г. расщепления уровня не произойдет

710. На бесспиновую незаряженную частицу, находящуюся в центральном поле (без случайного вырождения), накладывают магнитное поле. На сколько подуровней расщепится уровень энергии с моментом l ?

А. не расщепится

Б. на l

В. на $2l + 1$

Г. на $2l + 2$

711. Незаряженная частица со спином s движется в центральном поле. Гамильтониан частицы не зависит от спиновых переменных. На частицу накладывают магнитное поле. На сколько подуровней расщепятся уровни энергии частицы с моментом l , если частица обладает магнитным моментом?

А. не расщепятся

Б. на $2l + 1$

В. на $2s + 1$

Г. на $s + 1$

712. На частицу, находящуюся в центральном поле без случайного вырождения, накладывается возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиуса-вектора. Будет ли «сниматься» вырождение уровней энергии в первом порядке теории возмущений?

А. да

Б. нет

В. его и не было, так как по условию вырождение отсутствовало

Г. будет сниматься частично

713. На частицу, находящуюся в центральном поле без случайного вырождения, накладывается возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиуса-вектора. Будет ли «сниматься» вырождение уровней энергии в десятом порядке теории возмущений?

А. да

Б. нет

В. его и не было, так как по условию вырождение отсутствовало

Г. будет сниматься частично

714. На частицу, находящуюся в центральном поле со случайным вырождением, накладывается возмущение, оператор которого за-

висит только от модуля радиуса-вектора. Будет ли «сниматься» вырождение уровней энергии?

А. да

Б. нет

В. если зависимость возмущения от r не совпадает с зависимостью от r невозмущенной потенциальной энергии, будет сниматься частично

Г. если зависимость возмущения от r совпадает с зависимостью от r невозмущенной потенциальной энергии, будет сниматься полностью

715. На частицу, находящуюся в центральном поле без случайного вырождения, накладывается возмущение, оператор которого зависит от модуля радиуса-вектора r и полярного угла ϑ . На какое максимальное количество подуровней может расщепиться уровень энергии с моментом l ?

А. не расщепляется

Б. на l

В. на $l + 1$

Г. на $2l + 1$

716. На частицу, находящуюся в центральном поле без случайного вырождения, накладывается возмущение, оператор которого зависит от полярного ϑ и азимутального углов φ . На какое максимальное количество подуровней может расщепиться уровень энергии с моментом l ?

А. не расщепляется

Б. на l

В. на $l + 1$

Г. на $2l + 1$

717. На частицу, находящуюся в центрально-симметричном поле, в котором отсутствует случайное вырождение, накладывается возмущение $\hat{V} = A \cos \vartheta$. На сколько подуровней расщепится уровень с моментом l в первом порядке теории возмущений?

А. на $2l + 1$

Б. расщепления не будет

В. на $l + 1$

Г. на l

718. На частицу, находящуюся в центрально-симметричном поле, в котором отсутствует случайное вырождение, накладывается возмущение $\hat{V} = A \cos^2 \vartheta$. На сколько подуровней расщепится уровень с моментом l ?

А. на $2l + 1$

Б. расщепления не будет

В. на $l + 1$

Г. на l

A. на 2 Б. расщепления не будет
В. на 3 Г. на 4

А. каждая правильная функция содержит одну сферическую функцию Y_{lm}

В. каждая правильная функция будет произвольной линейной комбинацией функций Y_{lm} и Y_{lm+1}

Г. каждая правильная функция будет произвольной линейной комбинацией функций Y_{lm} и Y_{lm-2}

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии трехмерного гармонического осциллятора равна 3.

А. не расщепится

Б. $E_1 = \varepsilon + qEa$, $E_2 = \varepsilon - qEa$, $E_3 = \varepsilon$

B. $E_1 = \varepsilon + 2qEa$, $E_2 = \varepsilon - 2qEa$, $E_3 = \varepsilon$

$$\Gamma. E_1 = \varepsilon + 3qEa, E_2 = \varepsilon - 3qEa, E_3 = \varepsilon$$

(здесь $a = \sqrt{\hbar / m\omega}$ – параметр длины для осциллятора)

722. На заряженный зарядом q трехмерный гармонический осциллятор накладывают однородное электрическое поле с напряженно-

стью E . На какие подуровни расщепится второй возбужденный уровень энергии осциллятора?

Указание: кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии трехмерного гармонического осциллятора равна 6.

А. не расщепится

Б. $E_1 = \varepsilon + qEa$, $E_2 = \varepsilon - qEa$, $E_3 = \varepsilon$

В. $E_1 = \varepsilon + 2qEa$, $E_2 = \varepsilon - 2qEa$, $E_3 = \varepsilon$

Г. $E_1 = \varepsilon + 3qEa$, $E_2 = \varepsilon - 3qEa$, $E_3 = \varepsilon$

(здесь $a = \sqrt{\hbar/m\omega}$ – параметр длины для осциллятора)

723. На заряженный трехмерный гармонический осциллятор накладывают однородное электрическое поле. Произойдет ли расщепление каких-нибудь уровней осциллятора в первом порядке теории возмущений?

Указание: Все уровни энергии трехмерного гармонического осциллятора обладают определенной четностью.

А. да

Б. нет

В. только четных

Г. только нечетных

724. На трехмерный гармонический осциллятор накладывают возмущение $\hat{V}(r) = \alpha r^2$. Будет ли сниматься вырождение уровней энергии в высших порядках теории возмущений?

А. да

Б. нет

В. только четных

Г. только нечетных

725. На трехмерный гармонический осциллятор накладывают возмущение $\hat{V} = \alpha x^2$, $\alpha > 0$. На сколько подуровней расщепится первый возбужденный уровень энергии?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии равна 3.

А. не расщепится

Б. на два

В. на три

Г. на четыре

726. На двумерный гармонический осциллятор накладывают малое возмущение $\hat{V} = \alpha xy$. Произойдет ли расщепление первого возбужденного уровня энергии?

А. да

Б. нет

В. это зависит от α

Г. это зависит от частоты

727. На двумерный гармонический осциллятор накладывают возмущение $\hat{V} = \alpha x y$. Каким будет масштаб расщепления первого возбужденного уровня энергии?

А. $\Delta E \sim \frac{\alpha \hbar}{m\omega}$

Б. $\Delta E \sim \frac{\alpha^2 \hbar}{m^2 \omega^3}$

В. $\Delta E = 0$

Г. $\Delta E \sim \alpha^2 \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}}$

728. На трехмерный гармонический осциллятор накладывают возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиуса-вектора. Будет ли сниматься вырождение первого возбужденного уровня энергии?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии равна 3.

А. да, полностью

Б. да, частично

В. нет

Г. зависит от возмущения

729. На трехмерный гармонический осциллятор накладывают возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиуса-вектора. На сколько подуровней расщепится второй возбужденный уровень энергии?

Указание: кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии равна 6.

А. на два

Б. на три

В. на четыре

Г. на пять

730. Уровни энергии заряженной частицы в кулоновском поле вырождены по моменту и по проекции. Какое вырождение атомных уровней будет «снимать» учет неточечности атомного ядра?

А. пропадет вырождение по моменту, по проекции останется

Б. пропадет вырождение по проекции, по моменту останется

В. вырождение полностью пропадет

Г. вырождение полностью останется

731. На атом водорода накладывают возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиуса-вектора. На сколько подуровней расщепится первый возбужденный уровень энергии?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии равна 4.

А. вырождение не пропадет

Б. на два

В. на три

Г. на четыре

732. На атом водорода накладывают возмущение, оператор которого зависит только от $\cos \vartheta$. На сколько подуровней расщепится первый возбужденный уровень энергии?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии равна 4.

А. на два

Б. на три

В. на четыре

Г. на пять

733. Бесспиновая заряженная частица находится в кулоновском поле. На сколько подуровней расщепится первый возбужденный уровень энергии частицы, если наложить на нее слабое магнитное поле?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии в кулоновском поле равна 4.

А. расщепления не будет

Б. на два

В. на три

Г. на четыре

ГЛАВА 8. КВАНТОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

8.1. Теория нестационарных возмущений

734. Под действием каких возмущений квантовые системы могут совершать переходы из одних стационарных состояний в другие?

- А. если возмущения большие
- Б. если возмущения снимают вырождение
- В. если возмущения не зависят от времени
- Г. если возмущения зависят от времени

735. Теория нестационарных возмущений представляет собой приближенный метод решения

- А. стационарного уравнения Шредингера
- Б. временного уравнения Шредингера
- В. уравнения непрерывности
- Г. уравнения на собственные значения оператора импульса

736. Какой формулой определяется вероятность перехода из k -го в n -е стационарное состояние под действием возмущения $\hat{V}(t)$ в первом порядке нестационарной теории возмущений?

А. $w_{k \rightarrow n(k \neq n)} = \left| \frac{i}{\hbar} \int_{t_1}^{t_2} V_{kn}(t) e^{i\omega_{kn}t} dt \right|^2$

Б. $w_{k \rightarrow n(k \neq n)} = \left| \frac{i}{\hbar} \int_{t_1}^{t_2} V_{kn}(t) dt \right|^2$

В. $w_{k \rightarrow n(k \neq n)} = \left| \frac{i}{\hbar} \int_{t_1}^{t_2} \hat{V}(x, t) e^{i\omega_{kn}t} dx dt \right|^2$

Г. $w_{k \rightarrow n(k \neq n)} = \left| \frac{i}{\hbar} \int_{t_1}^{t_2} \psi_k^*(x) \hat{V}(x, t) \psi_n(x) dx dt \right|^2$

(где t_1 и t_2 – моменты начала и окончания действия возмущения, V_{kn} – матричный элемент оператора возмущения, ω_{kn} – частота перехода).

737. В каком случае вероятность перехода из k -го в n -е стационарное состояние под действием возмущения $\hat{V}(t)$ равна нулю?

- А. если равна нулю частота перехода между этими состояниями
- Б. если равно нулю произведение волновых функций этих состояний
- В. если равен нулю матричный элемент оператора возмущения с волновыми функциями этих состояний
- Г. если возмущение не снимает вырождение этих состояний

738. На квантовую систему, находящуюся в стационарном состоянии, накладывают зависящее от времени возмущение, которое через некоторое время «выключается». В какие состояния совершаются переходы?

- А. в стационарные с большей энергией
- Б. в стационарные с меньшей энергией
- В. и в те, и в другие
- Г. ни в одни из перечисленных

739. Как определяется частота перехода ω_{kn} между k -м и n -м стационарными состояниями?

А. $\omega_{kn} = \frac{\varphi_k - \varphi_n}{\hbar}$

Б. $\omega_{kn} = \frac{\varepsilon_k - \varepsilon_n}{\hbar}$

В. $\omega_{kn} = (\varphi_k - \varphi_n) \hbar$

Г. $\omega_{kn} = (\varepsilon_k - \varepsilon_n) \hbar$

(здесь φ_i и ε_i – собственные функции и собственные значения невозмущенного гамильтониана).

740. Какова размерность частоты перехода между двумя стационарными состояниями?

- А. энергия Б. время В. обратная энергия
- Г. обратное время

741. На некоторую квантовую систему, находящуюся в n -м стационарном состоянии, накладывают малое, зависящее от времени возмущение $\hat{V}(x, t) = \hat{V}(x)e^{-t^2/\tau^2}$. Известно, что матричные элементы V_{nk} оператора $\hat{V}(x)$ не зависят от индекса k . В состоянии с какими энергиями ε_k переходы системы будут более вероятными (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. $|\varepsilon_k - \varepsilon_n| \leq \frac{\hbar}{\tau}$

Б. $|\varepsilon_k - \varepsilon_n| \gg \frac{\hbar}{\tau}$

В. $|\varepsilon_k - \varepsilon_n| = \frac{\hbar}{\tau}$

Г. переходы будут происходить во все состояния с равными вероятностями.

742. На квантовую систему накладывают зависящее от времени возмущение $\alpha \hat{V}(x, t)$, где α – некоторое число. Как вероятности переходов под действием этого возмущения, вычисленные в первом порядке теории нестационарных возмущений, зависят от α ?

А. как α Б. как α^2 В. как α^3 Г. как α^4

743. На квантовую систему накладывают зависящее от времени возмущение $\alpha \hat{V}(x, t)$, где α – некоторое число. Вероятность перехода между некоторыми состояниями, вычисленная в первом порядке теории возмущений, равна нулю. Как вероятность перехода между этими состояниями, вычисленная во втором порядке теории нестационарных возмущений, зависит от α ?

А. как α Б. как α^2 В. как α^3 Г. как α^4

744. Каков параметр малости теории нестационарных возмущений?

А. возмущение должно быть мало по сравнению с разность энергий уровней?

Б. возмущение должно быть мало по сравнению с гамильтонианом

В. вероятности переходов, вычисленные в рамках теории возмущений, должны быть малы по сравнению с 1

Г. вероятность того, что квантовая система останется в начальном состоянии, вычисленная в рамках теории возмущений должна быть мала по сравнению с 1

745. На частицу, находящуюся в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и

$x = a$, накладывают возмущение $\hat{V}(x, t) = V_0 \cos \frac{3\pi x}{a} f(t)$, где

$f(t)$ – некоторая функция времени. В какие стационарные состоя-

ния возможны переходы из основного состояния (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

- А. в 3-е стационарное состояние
- Б. во 2-е и 4-е стационарные состояния
- В. во 2-е стационарное состояние
- Г. в 3-е и 4-е стационарные состояния
(основное состояние – первое)

746. На частицу, находящуюся в 5-м стационарном состоянии в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, накладывают возмущение

$$\hat{V}(x, t) = V_0 \cos \frac{\pi x}{a} f(t), \text{ где } f(t) - \text{некоторая функция времени. В}$$

какие стационарные состояния возможны переходы (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

- А. в 4-е стационарное состояние
- Б. в 6-е стационарное состояние
- В. в 4-е и 6-е стационарные состояния
- Г. только в основное

747. На частицу, находящуюся в n -ом стационарном состоянии в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, накладывают возмущение

$$\hat{V}(x, t) = V_0 \cos \frac{\pi x}{a} f(t), \text{ где } f(t) - \text{некоторая функция времени. В}$$

каких стационарных состояниях можно обнаружить частицу после выключения возмущения? (ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

- А. в n -м и $n+1$ -м
- Б. в $n-1$ -м и $n+1$ -м
- В. в n -м, $n+1$ -м и $n-1$ -м
- Г. в n -м, $n+2$ -м и $n-2$ -м

748. На частицу, находящуюся в n -м стационарном состоянии в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, накладывают возмущение

$$\hat{V}(x, t) = V_0 \cos \frac{\pi x}{a} f(t), \text{ где } f(t) - \text{некоторая функция времени.}$$

Сравнить вероятности переходов частицы в $n-1$ -е (w_{n-1}) и $n+1$ -е

(w_{n+1}) состояния, вычисленные в первом порядке теории нестационарных возмущений при $n \rightarrow \infty$

А. $w_{n-1} > w_{n+1}$

Б. $w_{n-1} < w_{n+1}$

В. $w_{n-1} = w_{n+1}$

Г. это зависит от V_0

749. На частицу, находящуюся в первом возбужденном состоянии в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме, расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, накладывают возмущение

$\hat{V}(x, t) = \alpha(x - a/2) f(t)$, где $f(t)$ – некоторая функция времени.

В какие стационарные состояния возможен переход (основное состояние – первое)?

А. в основное, второе возбужденное, четвертое возбужденное и т.д.

Б. в третье возбужденное, в пятое возбужденное, в седьмое возбужденное и т.д.

В. во все

Г. только в основное

750. На частицу, находящуюся при $t \rightarrow -\infty$ в основном состоянии бесконечно глубокой потенциальной ямы, расположенной между точками $x = -a/2$ и $x = a/2$, накладывают малое возмущение

$\hat{V}(x, t) = V_0 x(x - a) f(t)$, где $f(t)$ – некоторая функция времени.

Для каких состояний вероятность перехода, вычисленная в первом порядке теории нестационарных возмущений, отлична от нуля?

А. для всех четных

Б. для всех нечетных

В. для всех

Г. только для первого возбужденного (основное состояние – первое)

751. На частицу, находящуюся при $t \rightarrow -\infty$ в основном состоянии бесконечно глубокой потенциальной ямы, расположенной между точками $-a/2$ и $a/2$, накладывают малое возмущение

$\hat{V}(x, t) = x^2 V(t)$. В первом порядке нестационарной теории возмущений найти вероятность обнаружить частицу в первом возбужденном состоянии в произвольный момент времени t .

А. $w = 0$

Б. $w = 1/2$

$$\text{В. } w = \int_{-\infty}^t V(t') dt'$$

$$\text{Г. } w = \frac{\hbar^2}{a} \int_{-\infty}^t V(t') dt'$$

752. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(x, t) = V_0 \cos(x/a) e^{-t^2/\tau^2}$, где V_0 , a и τ – некоторые постоянные. Чему равна вероятность перехода осциллятора в первое возбужденное состояние?

$$\text{А. } w = 0$$

$$\text{Б. } w = \left(\frac{V_0}{\hbar \omega} \right)^2$$

$$\text{В. } w = \left(\frac{V_0 \omega \tau}{\hbar \omega} \right)^2$$

$$\text{Г. } w = \left(\frac{a^2 m \omega}{\hbar} \right)^2$$

753. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в первом возбужденном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha \cos(x/\beta) f(t)$, где α и β – постоянные, $f(t)$ – некоторая функция времени. В какие состояния осциллятор может совершить переход?

А. в любые четные

Б. в любые нечетные

В. во все

Г. ни в какие

754. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в первом возбужденном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha \sin(x/\beta) f(t)$, где α и β – постоянные, $f(t)$ – некоторая функция времени. В какие состояния осциллятор может совершить переход?

А. в любые четные

Б. в любые нечетные

В. во все

Г. ни в какие

755. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в 99-м стационарном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(x, t) = V_0 x^4 e^{-t^2/\tau^2}$, где V_0 и τ – некоторые постоянные. Чему равна вероятность перехода осциллятора в 100-е состояние?

А. $w = 0$

Б. $w = \left(\frac{V_0}{\hbar \omega} \right)^2$

В. $w = (\omega \tau)^2$

Г. $w = (\omega \tau)^{-2}$

756. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в n -м стационарном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha x V(t)$, где $V(t)$ – некоторая функция времени. В какие состояния возможны переходы осциллятора (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. во все с определенными вероятностями

Б. только в $(n+1)$ -е

В. только в $(n-1)$ -е

Г. только в $(n+1)$ -е и $(n-1)$ -е

757. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в n -м стационарном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha x V(t)$, где $V(t)$ – некоторая функция времени. В каких состояниях можно обнаружить осциллятор после выключения возмущения (ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. во всех с определенными вероятностями

Б. в $n-1$ -м и $n+1$ -м

В. в n -м, $n+2$ -м и $n-2$ -м

Г. в n -м, $n+1$ -м и $n-1$ -м

758. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в n -м стационарном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha x^3 V(t)$, где $V(t)$ – некоторая функция времени. В какие состояния возможны переходы осциллятора (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. во все с определенными вероятностями

Б. $n+1$ -е и $n-1$ -е

В. $n+1$ -е, $n-1$ -е, $n+3$ -е и $n-3$ -е

Г. $n+1$ -е, $n-1$ -е, $n+2$ -е и $n-2$ -е

759. На одномерный гармонический осциллятор, находящийся в первом возбужденном состоянии, действует зависящее от времени

малое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha x V(t)$. Чему равно отношение вероятностей перехода осциллятора в основное и второе возбужденное состояния? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

Указание: матричные элементы оператора координаты с осцилляторными функциями равны:

$$x_{nk} = \sqrt{\frac{n\hbar}{2m\omega}}\delta_{k,n-1} + \sqrt{\frac{(n+1)\hbar}{2m\omega}}\delta_{k,n+1}$$

А. $\frac{w_{1 \rightarrow 0}}{w_{1 \rightarrow 2}} = 2$

Б. $\frac{w_{1 \rightarrow 0}}{w_{1 \rightarrow 2}} = \frac{1}{2}$

В. $\frac{w_{1 \rightarrow 0}}{w_{1 \rightarrow 2}} = 1$

Г. $\frac{w_{1 \rightarrow 0}}{w_{1 \rightarrow 2}} = \frac{2}{3}$

760. На заряженную частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центральном поле, накладывают малое, зависящее от времени, однородное электрическое поле $\vec{E}(t)$, направленное вдоль оси y . Какие значения проекции момента импульса частицы на ось z можно обнаружить в конечном состоянии? (Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений для волновой функции).

А. $m = -1, \quad +1$

Б. $m = -2, \quad 0, \quad +2$

В. $m = -1, \quad 0, \quad +1$

Г. любые целые

761. На частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центральном поле, накладывают малое, зависящее от времени возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = \cos^4 \vartheta V(t)$. Какие значения проекции момента импульса частицы на ось z можно обнаружить в конечном состоянии? (Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений для волновой функции).

А. $m = -1, \quad +1$

Б. $m = -4, \quad 0, \quad +4$

В. $m = -1, \quad 0, \quad +1$

Г. $m = 0$

762. На частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центрально-симметричном поле, действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = \cos^2 \vartheta V(t)$ (где ϑ – полярный угол, $V(t)$ – некоторая функция времени). Возможен ли переход частицы в возбужденные

состояния с определенным моментом $l = 0$? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. да

Б. нет

В. зависит от $V(t)$

Г. это зависит от величины возмущения

763. На частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центрально-симметричном поле, действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = \cos^2 \vartheta V(t)$ (где ϑ – полярный угол, $V(t)$ – некоторая функция времени). Возможен ли переход частицы в возбужденные состояния с определенным моментом $l = 2$? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. да

Б. нет

В. зависит от $V(t)$

Г. это зависит от величины возмущения

764. На частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центрально-симметричном поле, действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = f(r) \cos^2 \vartheta V(t)$ (где $f(r)$ – некоторая функция модуля радиус-вектора, ϑ – полярный угол, $V(t)$ – некоторая функция времени). Возможен ли переход частицы в возбужденные состояния с определенным моментом $l = 0$? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. да

Б. нет

В. зависит от $V(t)$

Г. это зависит от величины возмущения

765. На частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центрально-симметричном поле, действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = f(r) \cos^2 \vartheta V(t)$ (где $f(r)$ – некоторая функция модуля радиус-вектора, ϑ – полярный угол, $V(t)$ – некоторая функция времени). Возможен ли переход частицы в возбужденные состояния с определенным моментом $l = 1$? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. да

Б. нет

В. это зависит от $V(t)$

Г. это зависит от величины возмущения

766. На частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центрально-симметричном поле, действует малое возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиус-вектора $\hat{V}(r, t) = \hat{V}(r) f(t)$ (где $f(t)$ – некоторая функция времени). Воз-

возможен ли переход частицы в возбужденные состояния с определенным моментом $l = 2$?

А. да

Б. нет

В. это зависит от $f(t)$

Г. зависит от величины возмущения

767. На заряженную частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центрально-симметричном поле, действует зависящее от времени однородное электрическое поле. Возможен ли переход частицы в возбужденные состояния с определенным моментом $l = 1$? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. да

Б. нет

В. это зависит от ориентации поля

Г. это зависит от величины возмущения

768. На частицу, находящуюся в основном состоянии в некотором центральном поле, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha \sin \vartheta \sin \varphi V(t)$ ($V(t)$ – некоторая функция времени). В состояния с какими моментами возможны переходы частицы? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. только с $l = 1$

Б. только с $l = 1$ и $l = 2$

В. только с $l = 0$ и $l = 2$

Г. с любыми

769. На заряженный трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, накладывают малое, зависящее от времени однородное электрическое поле $\vec{E}(t)$. Возможен ли переход осциллятора на второй возбужденный уровень энергии (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

Указание: кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии трехмерного осциллятора равна 6.

А. да

Б. нет

В. это зависит от частоты осциллятора

Г. это зависит от величины поля.

770. На заряженный трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, накладывают малое, зависящее от времени однородное электрическое поле $\vec{E}(t)$. Возможен ли переход осциллятора на первый возбужденный уровень энергии (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии трехмерного осциллятора равна 3.

А. да

Б. нет

В. это зависит от частоты осциллятора

Г. это зависит от величины поля

771. На заряженный трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, накладывают малое, зависящее от времени однородное электрическое поле $\vec{E}(t)$, направленное вдоль оси z . В состоянии с какой проекцией происходят переходы?

А. с $m = +1$

Б. с $m = -1$

В. с $m = +1$ и $m = -1$

Г. с $m = 0$

772. На заряженный трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, накладывают малое, зависящее от времени однородное электрическое поле $\vec{E}(t)$, направленное вдоль оси y . В состоянии с какой проекцией происходят переходы (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. с $m = +1$

Б. с $m = -1$

В. с $m = +1$ и $m = -1$

Г. с $m = 0$

773. На трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, действует малое, зависящее от времени возмущение, оператор которого не зависит от углов $\hat{V}(\vec{r}, t) \rightarrow \hat{V}(r, t)$. Возможен ли переход осциллятора на первый возбужденный уровень энергии (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии трехмерного осциллятора равна 3.

А. да

Б. нет

В. это зависит от частоты осциллятора

Г. зависит от величины поля

774. На трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, действует малое, зависящее от времени возмущение, оператор которого не зависит от углов $\hat{V}(\vec{r}, t) \rightarrow \hat{V}(r, t)$. Возможен ли переход осциллятора на второй возбужденный уро-

вень энергии (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

Указание: кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии трехмерного осциллятора равна 6.

А. да

Б. нет

В. это зависит от частоты осциллятора

Г. это зависит от величины поля

775. На трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в первом возбужденном состоянии, действует малое, зависящее от времени возмущение, оператор которого не зависит от углов $\hat{V}(\vec{r}, t) \rightarrow \hat{V}(r, t)$. Возможен ли переход осциллятора в состояние с моментом $l = 0$?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня энергии трехмерного осциллятора равна 3.

А. да

Б. нет

В. это зависит от частоты осциллятора

Г. это зависит от величины поля

776. На водородоподобный ион, находящийся в основном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиус-вектора электрона $\hat{V}(\vec{r}, t) = \hat{V}(r) f(t)$ (где $f(t)$ – некоторая функция времени). Возможен ли переход электрона на первый возбужденный уровень энергии (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. да

Б. нет

В. это зависит от функции $f(t)$

Г. это зависит от заряда иона

777. На водородоподобный ион, находящийся в основном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha \cos^2 \vartheta f(t)$ (где $f(t)$ – некоторая функция времени). Возможен ли переход электрона на первый возбужденный уровень энергии (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. да

Б. нет

В. это зависит от функции $f(t)$

Г. это зависит от заряда иона

778. На водородоподобный ион, находящийся в основном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение

$\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha r \cos^2 \vartheta f(t)$ (где $f(t)$ – некоторая функция времени).

Возможен ли переход электрона на первый возбужденный уровень энергии (в первом порядке теории нестационарных возмущений)?

А. да

Б. нет

В. это зависит от функции $f(t)$

Г. это зависит от заряда иона

779. На атом водорода, находящийся в основном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение

$\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha \cos \vartheta V(t)$ (ϑ – полярный угол, $V(t)$ – некоторая функция времени). Какие значения может принимать проекция момента импульса электрона на ось z в конечном состоянии?

А. только $m = 0$

Б. $m = 0, 1$

В. $m = 0, -1$

Г. $m = 0, \pm 1$

780. На атом водорода, находящийся в основном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение

$\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha \cos \vartheta V(t)$ (ϑ – полярный угол, $V(t)$ – некоторая функция времени). Какие значения может принимать момент импульса электрона в конечном состоянии? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. $l = 0$

Б. $l = 1$

В. $l = 0$ и $l = 1$

Г. $l = 0$ и $l = 2$

781. На атом водорода, находящийся в основном состоянии, действует зависящее от времени малое возмущение

$\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha \cos \varphi V(t)$ (φ – азимутальный угол, $V(t)$ – некоторая функция времени). Какие значения может принимать проекция момента импульса электрона на ось z в конечном состоянии? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. $m = 0$

Б. $m = 0, 1$

В. $m = 0, -1$

Г. $m = 0, \pm 1$

782. Заряженная бесспиновая частица движется в центральном поле. Частица находится в стационарном состоянии с определенной проекцией момента импульса на ось z . На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле, направленное вдоль оси z . Какие переходы может совершать частица?

А. только с изменением радиального квантового числа

Б. только с изменением момента

В. только с изменением проекции момента на ось z

Г. частица не будет совершать переходов с изменением этих квантовых чисел

783. Заряженная бесспиновая частица движется в центральном поле. Частица находится в стационарном состоянии с определенной проекцией момента импульса на ось z . На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле, направленное вдоль оси y . Какие переходы может совершать частица?

А. только с изменением радиального квантового числа

Б. только с изменением момента

В. только с изменением проекции момента на ось z

Г. частица не будет совершать переходов с изменением этих квантовых чисел

784. Заряженная бесспиновая частица находится в стационарном состоянии в центрально-симметричном поле в состоянии с моментом $l = 0$. На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле. Будет ли частица совершать при этом квантовые переходы в другие стационарные состояния?

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины поля

Г. это зависит от ориентации поля

785. Заряженная бесспиновая частица находится в стационарном состоянии в центрально-симметричном поле. На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле. Будет ли частица совершать при этом квантовые переходы в состояния с другими энергиями?

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины поля

Г. это зависит от ориентации поля

786. Заряженная бесспиновая частица находится в стационарном состоянии в центральном поле. На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле. Будет ли частица совершать при этом квантовые переходы в состояния с другими моментами?

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины поля

Г. это зависит от ориентации поля

787. Заряженная бесспиновая частица находится в стационарном состоянии с моментом $l \neq 0$ в центральном поле с неопределенной проекцией момента на ось z . На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле, направленное вдоль оси z . Будет ли частица совершать при этом квантовые переходы в другие стационарные состояния?

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины поля

Г. это зависит от массы частицы

788. Незаряженная и не имеющая магнитного момента частица со спином $s = 1/2$ находится в стационарном состоянии независимого от спина гамильтониана с определенной проекцией спина на ось z $s_z = 1/2$. На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле, направленное вдоль оси z . Какие переходы может совершать частица?

А. только с изменением пространственной части волновой функции

Б. с изменением пространственной части волновой функции и переворотом спина (то есть в состояние с $s_z = -1/2$)

В. с переворотом спина (то есть в состояние с $s_z = -1/2$), но без изменения пространственной части волновой функции

Г. частица вообще не будет совершать переходов

789. Незаряженная частица со спином $s = 1/2$, имеющая магнитный момент, находится в стационарном состоянии независимого от спина гамильтониана с определенной проекцией спина на ось z $s_z = 1/2$. На частицу накладывают малое, зависящее от времени

однородное магнитное поле, направленное вдоль оси z . Какие переходы может совершать частица?

А. только с изменением пространственной части волновой функции
Б. с изменением пространственной части волновой функции и переворотом спина (то есть в состояние с $s_z = -1/2$)

В. с переворотом спина (то есть в состояние с $s_z = -1/2$), но без изменения пространственной части волновой функции

Г. частица вообще не будет совершать переходов

790. Незаряженная частица со спином $s = 1/2$, имеющая магнитный момент, находится в стационарном состоянии независимого от спина гамильтониана с определенной проекцией спина на ось z $s_z = 1/2$. На частицу накладывают малое, зависящее от времени однородное магнитное поле, направленное вдоль оси x . Какие переходы может совершать частица?

А. только с изменением пространственной части волновой функции

Б. с изменением пространственной части волновой функции и переворотом спина (то есть в состояние с $s_z = -1/2$)

В. с переворотом спина (то есть в состояние с $s_z = -1/2$), но без изменения пространственной части волновой функции

Г. частица вообще не будет совершать переходов

791. На незаряженную частицу со спином $s = 3/2$, имеющую магнитный момент, накладывают малое однородное магнитное поле, зависящее от времени по закону $\vec{B}(t) = \vec{B}_0 e^{-t^2/\tau^2}$. С какой вероятностью спин частицы станет равным $s = 1/2$ к моменту времени $t = +\infty$?

А. $w = 1/2$

Б. $w = 1$

В. $w = 1/4$

Г. $w = 0$

8.2. Переходы под действием периодических и внезапных возмущений

792. На частицу, находящуюся в основном состоянии бесконечно глубокой потенциальной ямы, расположенной между точками $x = -a/2$ и $x = a/2$, действует малое периодическое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha x^2 \cos \omega t$. При какой частоте возмущения ω частица

сможет перейти в первое возбужденное состояние? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

$$\text{A. } \omega = \frac{3\pi^2\hbar}{2ma^2}$$

$$\text{Б. } \omega = \frac{4\pi^2\hbar}{2ma^2}$$

$$\text{В. } \omega = \frac{5\pi^2\hbar}{2ma^2}$$

Г. ни при какой

793. На частицу, находящуюся в основном состоянии бесконечно глубокой потенциальной ямы, расположенной между точками $x = -a/2$ и $x = a/2$, действует малое периодическое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha x \cos \omega t$. При какой частоте возмущения ω частица сможет перейти в первое возбужденное состояние? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

$$\text{A. } \omega = \frac{3\pi^2\hbar}{2ma^2}$$

$$\text{Б. } \omega = \frac{4\pi^2\hbar}{2ma^2}$$

$$\text{В. } \omega = \frac{5\pi^2\hbar}{2ma^2}$$

Г. ни при какой

794. На частицу, находящуюся в n -м состоянии бесконечно глубокой потенциальной ямы (основное состояние – первое), расположенной между точками $x = 0$ и $x = a$, действует малое периодическое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha \cos(\pi x/a) \cos \omega t$. При какой частоте возмущения ω частица будет совершать переходы? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

$$\text{A. } \omega = \frac{\pi^2(2n+1)\hbar}{2ma^2}$$

$$\text{Б. } \omega = \frac{\pi^2(2n-1)\hbar}{2ma^2} \text{ и } \omega = \frac{\pi^2(2n+1)\hbar}{2ma^2}$$

$$\text{В. } \omega = \frac{\pi^2(2n-1)\hbar}{2ma^2}$$

$$\text{Г. } \omega = \frac{\pi^2(n-1)\hbar}{ma^2} \text{ и } \omega = \frac{\pi^2(n+1)\hbar}{ma^2}$$

795. Осциллятор с частотой ω находится в n -м квантовом состоянии. На осциллятор начинает действовать малое периодическое возмущение $\hat{V}(x, t) = \hat{V}(x) \cos \omega t$, частота которого совпадает с частотой осциллятора, а оператор $\hat{V}(x)$ имеет ненулевые матрич-

ные элементы для всех состояний осциллятора. В каких состояниях можно обнаружить осциллятор после выключения возмущения? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. в n -м

Б. в n -м и $n+1$ -м

В. в n -м, $n+1$ -м и $n-1$ -м

Г. в n -м и $n-1$ -м

796. На заряженный одномерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(x, t) = V_0 x \cos \omega t$. Частота возмущения равна частоте осциллятора. В какие состояния осциллятор будет совершать переходы? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. в первое возбужденное

Б. во второе возбужденное

В. в третье возбужденное

Г. ни в какие

797. На одномерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(x, t) = V_0 x \cos 2\omega t$. Частота возмущения равна удвоенной частоте осциллятора. В какие состояния осциллятор будет совершать переходы? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. в первое возбужденное

Б. во второе возбужденное

В. в третье возбужденное

Г. ни в какие

798. На одномерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в n -м состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(x, t) = V_0 x^2 \cos \omega t$. Частота возмущения равна частоте осциллятора. В каких состояниях можно обнаружить осциллятор? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. в n -м, $n+2$ -м и $n-2$ -м

Б. в n -м, $n+1$ -м и $n-1$ -м

В. в $n+1$ -м и $n-1$ -м

Г. только в n -ом

799. На одномерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(x, t) = V_0 x^2 \cos 2\omega t$. Частота возмущения равна удвоенной частоте осциллятора. В какие состояния осциллятор может совершить переходы? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. в 1-е и 2-е возбужденные

Б. в 1-е возбужденное

В. во 2-е возбужденное

Г. ни в какие

800. На одномерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(x, t) = \alpha \hat{V}(x) \cos(\omega t / 2)$, где оператор $\hat{V}(x)$ имеет ненулевые матричные элементы для всех состояний осциллятора, а частота возмущения вдвое меньше частоты осциллятора. Как вероятность перехода в первое возбужденное состояние зависит от α ?

А. как α^2

Б. как α^4

В. как α^6

Г. как α^8

801. На заряженный трехмерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в основном состоянии, действует малое однородное периодическое электрическое поле $\vec{E}(t) = \vec{E}_0 \cos \omega t$. Частота поля равна частоте осциллятора. В какие состояния осциллятор будет совершать переходы? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

А. в первое возбужденное

Б. во второе возбужденное

В. в третье возбужденное

Г. ни в какие

802. На трехмерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(r, t) = \hat{V}(r) \cos \omega t$, где оператор $\hat{V}(r)$ зависит только от модуля радиус-вектора, а частота возмущения равна частоте осциллятора. Может ли осциллятор совершить переход в первое возбужденное состояние? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

Указание: кратность вырождения первого возбужденного состояния трехмерного гармонического осциллятора равна 3.

А. да

Б. нет

В. зависит от оператора $\hat{V}(r)$

Г. это зависит от массы осциллятора

803. На трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(r, t) = \alpha f(r) \cos \omega t$, где $f(r)$ – функция от модуля радиус-вектора, а частота возмущения равна частоте осциллятора. Как вероятность перехода осциллятора зависит от α ?

Указание: кратность вырождения N -го уровня трехмерного гармонического осциллятора равна $(N+1)(N+2)/2$ (основному состоянию отвечает $N=0$).

А. как α Б. как α^2 В. как α^3 Г. как α^4

804. На трехмерный гармонический осциллятор, находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(r,t) = \hat{V}(r) \cos 2\omega t$, где оператор $\hat{V}(r)$ зависит только от модуля радиус-вектора, а частота возмущения равна удвоенной частоте осциллятора. Может ли осциллятор совершить переход во второе возбужденное состояние? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

Указание: кратность вырождения второго возбужденного состояния трехмерного гармонического осциллятора равна 6.

А. да Б. нет В. это зависит от оператора $\hat{V}(r)$

Г. это зависит от массы осциллятора

805. На трехмерный гармонический осциллятор с частотой ω , находящийся в основном состоянии, действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r},t) = \alpha Y_{20}(\vartheta,\varphi) \cos \omega_0 t$, где Y_{20} – соответствующая сферическая функция. При какой минимальной частоте возмущения ω_0 осциллятор может совершить переход? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

Указание: кратность вырождения N -го уровня трехмерного гармонического осциллятора равна $(N+1)(N+2)/2$ (основному состоянию отвечает $N=0$).

А. $\omega_0 = \omega$ Б. $\omega_0 = \omega/2$ В. $\omega_0 = 2\omega$

Г. ни при какой

806. На атом водорода, находящийся в основном состоянии действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r},t) = \alpha Y_{10}(\vartheta,\varphi) \cos \omega t$, где Y_{10} – сферическая функция. При какой минимальной частоте возмущения возможен переход? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

Указание: кратность вырождения уровней энергии электрона в атоме равна n^2 , энергии уровней – $E_n = -e^2/2an^2$, $n=1,2,\dots$

$$\text{A. } \omega = \frac{e^2}{8a\hbar} \quad \text{Б. } \omega = \frac{2e^2}{8a\hbar} \quad \text{В. } \omega = \frac{3e^2}{8a\hbar} \quad \text{Г. } \omega = \frac{4e^2}{8a\hbar}$$

(здесь e – заряд электрона, a – боровский радиус).

807. На атом водорода, находящийся в n -ом квантовом состоянии (основное состояние – первое) действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha Y_{10}(\vartheta, \varphi) \cos \omega t$, где Y_{10} – сферическая функция. При какой минимальной частоте возмущения возможен переход? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

$$\begin{array}{ll} \text{A. } \frac{e^2}{2a\hbar} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right) & \text{Б. } \frac{e^2}{2a\hbar} \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1} \right) \\ \text{В. } \frac{e^2}{2a\hbar} \left(\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2} \right) & \text{Г. } \frac{e^2}{2a\hbar} \left(\frac{1}{n-1} - \frac{1}{n} \right) \end{array}$$

(здесь e – заряд электрона, a – боровский радиус).

808. На атом водорода, находящийся в основном состоянии действует малое возмущение $\hat{V}(\vec{r}, t) = \alpha Y_{20}(\vartheta, \varphi) \cos \omega t$, где Y_{20} – сферическая функция. При какой минимальной частоте возмущения возможен переход? Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений.

Указание: кратность вырождения уровней энергии электрона в атоме равна n^2 , энергии – $E_n = -e^2 / 2an^2$, $n = 1, 2, \dots$

$$\text{A. } \omega = \frac{8e^2}{18a\hbar} \quad \text{Б. } \omega = \frac{9e^2}{18a\hbar} \quad \text{В. } \omega = \frac{10e^2}{18a\hbar} \quad \text{Г. } \omega = \frac{11e^2}{18a\hbar}$$

(здесь e – заряд электрона, a – боровский радиус).

809. На квантовую систему внезапно накладывают возмущение. Какие из нижеперечисленных величин не успеют измениться за время «включения» возмущения?

- А. гамильтониан
- Б. волновая функция
- В. спектр собственных значений энергии
- Г. средняя энергия системы

810. На одномерную квантовую систему с гамильтонианом $\hat{H}_0$ внезапно накладывают возмущение $\hat{V}(x)$. Какой формулой описываются вероятности переходов из n -го состояния в k -е?

А. $w_{n \rightarrow k} = \left| \int \varphi_n^*(x) \hat{V}(x) \varphi_k(x) dx \right|^2$

Б. $w_{n \rightarrow k} = \left| \int \psi_n^*(x) \hat{V}(x) \psi_k(x) dx \right|^2$

В. $w_{n \rightarrow k} = \left| \int \varphi_n^*(x) \hat{V}(x) \psi_k(x) dx \right|^2$

Г. $w_{n \rightarrow k} = \left| \int \varphi_n^*(x) \psi_k(x) dx \right|^2$,

где φ и ψ – собственные функции гамильтонианов $\hat{H}_0$ и $\hat{H}_0 + \hat{V}$ соответственно.

811. Частица находится в основном состоянии в некотором одномерном потенциале, являющимся четной функцией координаты. Внезапно потенциал изменяется, но остается четной функцией координаты. Какова вероятность того, что частица окажется в первом возбужденном состоянии?

А. $w = 1/2$

Б. $w = 0$

В. $w = 1/4$

Г. $w = 3/4$

812. Осциллятор находится в основном состоянии. В некоторый момент времени осцилляторная частота ω мгновенно меняется до некоторого значения ω_1 . Вероятность перехода осциллятора в первое возбужденное состояние равна

А. $w = 1/2$

Б. $w = 0$

В. $w = \left| \frac{\omega - \omega_1}{\omega} \right|$

Г. $w = \left| \frac{\omega - \omega_1}{\omega + \omega_1} \right|$

813. Одномерный осциллятор находится в основном состоянии. В некоторый момент времени осцилляторная частота ω мгновенно меняется до некоторого значения ω_1 . В какие состояния осциллятор будет совершать при этом переходы?

А. во все четные

Б. во все нечетные

В. во все

Г. ни в какие

(основное состояние – нулевое).

814. Одномерный осциллятор находится в основном состоянии. В некоторый момент времени осциллятор перемещается на некоторое

малое расстояние Δl . Сможет ли осциллятор совершить при этом переход в первое возбужденное состояние?

А. да

Б. нет

В. это зависит от Δl

Г. это зависит от того, заряжен осциллятор или нет

815. Трехмерный осциллятор находится в основном состоянии. В некоторый момент времени осцилляторная частота ω мгновенно меняется до некоторого значения ω_1 . Возможен ли переход осциллятора на первый возбужденный уровень энергии?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня трехмерного осциллятора – 3.

А. да

Б. нет

В. если $\omega_1 > \omega$, то да

Г. если $\omega_1 < \omega$, то да

816. Трехмерный осциллятор находится в основном состоянии. В некоторый момент времени осцилляторная частота ω мгновенно меняется до некоторого значения ω_1 . Возможен ли переход осциллятора в состояние с моментом $l = 2$?

А. да

Б. нет

В. если $\omega_1 > \omega$, то да

Г. если $\omega_1 < \omega$, то да

817. Трехмерный осциллятор находится в основном состоянии. В некоторый момент времени осцилляторная частота ω мгновенно меняется до некоторого значения ω_1 . Возможен ли переход осциллятора на второй возбужденный уровень энергии?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня трехмерного осциллятора – 6.

А. да

Б. нет

В. если $\omega_1 > \omega$, то да

Г. если $\omega_1 < \omega$, то да

818. Трехмерный осциллятор находится на первом возбужденном уровне энергии. Внезапно на осциллятор накладывается возмущение, зависящее только от модуля радиуса-вектора. Может ли осциллятор совершить переход в основное состояние?

Указание: кратность вырождения первого возбужденного уровня трехмерного осциллятора – 3.

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины возмущения

Г. мало информации для ответа

819. Трехмерный осциллятор находится на втором возбужденном уровне энергии. Внезапно на осциллятор накладывается возмущение, зависящее только от модуля радиуса-вектора. Может ли осциллятор совершить переход в основное состояние?

Указание: кратность вырождения второго возбужденного уровня трехмерного осциллятора – 6.

А. да

Б. нет

В. это зависит от величины возмущения

Г. мало информации для ответа

820. Незаряженная частица со спином $s = 1/2$, имеющая магнитный момент, находится в стационарном состоянии некоторого гамильтониана с определенной проекцией спина на ось z : $s_z = 1/2$.

Внезапно включается магнитное поле, направленное вдоль оси x . С какой вероятностью при измерении проекции спина на ось z сразу после этого будет обнаружено значение $s_z = -1/2$?

А. $w = 1/2$

Б. $w = 1$

В. $w = 1/4$

Г. $w = 0$

821. Незаряженная частица со спином $s = 1/2$, имеющая магнитный момент, находится в стационарном состоянии некоторого гамильтониана с определенной проекцией спина на ось z : $s_z = 1/2$.

Внезапно включается магнитное поле, направленное вдоль оси x . Сразу после этого измеряют проекцию спина частицы на ось x . Какие значения будут обнаружены и с какими вероятностями?

А. только $s_x = 1/2$

Б. только $s_x = -1/2$

В. $s_x = 1/2$ и $s_x = -1/2$ с вероятностями $w = 1/2$

Г. $s_x = 1/2$ с вероятностью $w = 3/4$ и $s_x = -1/2$ с вероятностью $w = 1/4$

822. Электрон в атоме водорода находится на первом возбужденном уровне энергии в состоянии с неопределенным моментом. Внезапно на атом накладывается возмущение, оператор которого

зависит только от модуля радиуса-вектора. Может ли электрон совершить переход в основное состояние?

А. да

Б. нет

В. это зависит от возмущения

Г. это зависит от проекции момента электрона в начальном состоянии

823. Электрон в атоме водорода находится на втором возбужденном уровне энергии в состоянии с моментом $l = 2$. Внезапно на атом накладывается возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиуса-вектора. Может ли электрон совершить переход в первое возбужденное состояние?

А. да

Б. нет

В. зависит от возмущения

Г. момент импульса электрона на втором возбужденном уровне энергии не может равняться 2

824. Электрон в атоме водорода находится на первом возбужденном уровне энергии в состоянии с моментом $l = 2$. Внезапно на атом накладывается возмущение, оператор которого зависит только от модуля радиуса-вектора. Может ли электрон совершить переход во второе возбужденное состояние?

А. да

Б. нет

В. это зависит от возмущения

Г. момент импульса электрона на первом возбужденном уровне энергии не может равняться 2

825. Электрон в водородоподобном ионе находится в основном состоянии. Внезапно заряд ядра изменяется на единицу (это происходит при β -распаде ядер). Может ли электрон оказаться на первом возбужденном уровне энергии иона?

А. да

Б. нет

В. это зависит от того, увеличивается или уменьшается заряд ядра

Г. да, если в результате этого процесса получится незаряженный атом водорода

826. Электрон в водородоподобном ионе находится в основном состоянии. Внезапно заряд ядра изменяется на единицу (это происходит при β -распаде ядер). Может ли электрон перейти при этом в p -состояние?

А. да

Б. нет

В. это зависит от того, увеличивается или уменьшается заряд ядра

Г. да, если в результате этого процесса получится незаряженный атом водорода

827. Электрон в водородоподобном ионе находится в основном состоянии. Внезапно заряд ядра изменяется на единицу (это происходит при β -распаде ядер). Может ли электрон перейти при этом в третье s -состояние?

А. да

Б. нет

В. это зависит от того, увеличивается или уменьшается заряд ядра

Г. да, если в результате этого процесса получится незаряженный атом водорода

ГЛАВА 9. СИСТЕМЫ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ЧАСТИЦ

9.1. Перестановочная симметрия волновой функции систем тождественных частиц

828. Выберите правильное утверждение

- А. фермионы – это частицы с четным спином
- Б. бозоны имеют полуцелый спин
- В. спин всех бозонов равен 2^1
- Г. если частица имеет спин, равный $1/2$, то это фермион

829. Выберите правильное утверждение

- А. фермионы – это частицы с целым спином
- Б. бозоны – это частицы с нечетным спином
- В. фермионы – это частицы с полуцелым спином
- Г. бозоны – это частицы с четным спином

830. Частица имеет спин $s = 3/4$. Какое утверждение относительно свойств этой частицы справедливо?

- А. эта частица – фермион
- Б. эта частица – бозон
- В. эта частица – суперпозиция состояний бозона со спином $s = 1$ и фермиона со спином $s = 1/2$
- Г. спин такого значения принимать не может

831. Волновая функция системы тождественных фермионов

- А. симметрична относительно перестановок аргументов, относящихся к разным частицам
- Б. антисимметрична относительно перестановок аргументов, относящихся к разным частицам
- В. симметрична относительно замены $\vec{r}_i \rightarrow -\vec{r}_i$
- Г. антисимметрична относительно замены $\vec{r}_i \rightarrow -\vec{r}_i$

832. Волновая функция системы тождественных бозонов

- А. симметрична относительно перестановок аргументов, относящихся к разным частицам
- Б. антисимметрична относительно перестановок аргументов, относящихся к разным частицам

¹ В этой главе $\hbar = 1$.

В. симметрична относительно замены $\vec{r}_i \rightarrow -\vec{r}_i$

Г. антисимметрична относительно замены $\vec{r}_i \rightarrow -\vec{r}_i$

833. Что значит, что волновая функция двух тождественных бозонов симметрична относительно перестановок?

А. при перестановке значений, которые принимают пространственные и спиновые координаты первой и второй частицы, функция не меняется

Б. при перестановке значений, которые принимают только пространственные координаты первой и второй частицы, функция не меняется

В. при перестановке значений, которые принимают только спиновые координаты первой и второй частицы, функция не меняется

Г. является сферически симметричной

834. Что значит, что волновая функция двух тождественных фермионов антисимметрична относительно перестановок?

А. при перестановке значений, которые принимают пространственные и спиновые координаты первой и второй частицы, функция меняет знак

Б. при перестановке значений, которые принимают только пространственные координаты первой и второй частицы, функция меняет знак

В. при перестановке значений, которые принимают только спиновые координаты первой и второй частицы, функция не меняется

Г. является нечетной

835. Что такое определитель Слэттера?

А. это определитель секулярного уравнения

Б. волновая функция тождественных бозонов

В. волновая функция тождественных фермионов

Г. определитель матриц Паули

836. Какая из нижеследующих формул представляет собой определитель Слэттера для системы двух тождественных невзаимодействующих фермионов, один из которых находится в одночастичном состоянии φ_1 , второй – в одночастичном состоянии φ_2 ?

А.
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} \varphi_1(\vec{r}_1) & \varphi_1(\vec{r}_2) \\ \varphi_1(\vec{r}_1) & \varphi_1(\vec{r}_2) \end{vmatrix}$$

Б.
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} \varphi_1(\vec{r}_1) & \varphi_2(\vec{r}_2) \\ \varphi_1(\vec{r}_1) & \varphi_2(\vec{r}_2) \end{vmatrix}$$

$$\text{В. } \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} \varphi_1(\vec{r}_1) & \varphi_1(\vec{r}_2) \\ \varphi_2(\vec{r}_1) & \varphi_2(\vec{r}_2) \end{vmatrix}$$

$$\text{Г. } \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} \varphi_2(\vec{r}_1) & \varphi_1(\vec{r}_2) \\ \varphi_2(\vec{r}_1) & \varphi_1(\vec{r}_2) \end{vmatrix}$$

837. Имеется система тождественных невзаимодействующих фермионов со спином $s = 99/2$ каждый. Какое максимальное количество частиц может находиться в одинаковом пространственном состоянии?

А. 99

Б. 100

В. 101

Г. любое

838. Имеется система тождественных невзаимодействующих бозонов со спином $s = 99$ каждый. Какое максимальное количество частиц может находиться в одинаковом пространственном состоянии?

А. 99

Б. 100

В. 101

Г. любое

839. Может ли волновая функция

$$\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_1(\vec{r}_1)\varphi_2(\vec{r}_2) + \varphi_2(\vec{r}_1)\varphi_1(\vec{r}_2),$$

где φ_1 и φ_2 – функции одной переменной, описывать пространственное состояние системы из двух тождественных фермионов со спином $s = 1/2$ каждый?

А. да, поскольку эта функция симметрична относительно перестановок

Б. нет, поскольку эта функция симметрична относительно перестановок

В. да, если спиновая часть волновой функции антисимметрична

Г. это зависит от φ_1 , φ_2

840. Может ли волновая функция

$$\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim (\varphi_1(\vec{r}_1)\varphi_2(\vec{r}_2) + \varphi_2(\vec{r}_1)\varphi_1(\vec{r}_2)) \left[\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}_1 \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}_2 - \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}_1 \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}_2 \right],$$

где φ_1 и φ_2 – некоторые функции пространственной координаты, описывать состояние системы из двух тождественных фермионов со спином $s = 1/2$ каждый?

А. да

Б. нет

В. зависит от φ_1 , φ_2

Г. зависит от нормировочного множителя

841. Может ли волновая функция

$$\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_1(\vec{r}_1)\varphi_2(\vec{r}_2) - \varphi_2(\vec{r}_1)\varphi_1(\vec{r}_2),$$

где φ_1 и φ_2 – некоторые функции пространственной координаты, описывать пространственное состояние системы из двух тождественных бозонов со спином $s = 0$ каждый?

А. да, поскольку эта функция антисимметрична относительно перестановок

Б. нет, поскольку эта функция антисимметрична относительно перестановок, а спиновой части эта функция не содержит

В. да, если спиновая часть волновой функции антисимметрична

Г. это зависит от φ_1 , φ_2

842. Система тождественных бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где i, k, n – квантовые числа одночастичных состояний. Сколько частиц входят в систему?

А. одна

Б. две

В. три

Г. эта система с неопределенным числом частиц

843. Два тождественных бозона со спином $s = 0$ каждый связаны потенциалом, зависящим только от модуля относительного радиуса-вектора: $U(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = U(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|)$. Какие значения может принимать орбитальный момент относительного движения?

А. только $l = 0$

Б. только $l = 1$

В. только четные значения

Г. только нечетные значения

844. Система из трех тождественных бозонов со спином $s = 0$ каждый находится в состоянии, в котором две частицы находятся в одночастичном состоянии i , одна – в одночастичном состоянии k . Какой формулой определяется волновая функция системы ($\varphi_i(\vec{r})$ и $\varphi_k(\vec{r})$ – одночастичные волновые функции)?

А. $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3) = \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2)\varphi_k(\vec{r}_3)$

Б. $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3) = \frac{1}{\sqrt{2}}(\varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2)\varphi_k(\vec{r}_3) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_3)\varphi_k(\vec{r}_2))$

$$\text{В. } \Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3) = \frac{1}{\sqrt{3}} (\varphi_i(\vec{r}_1) \varphi_i(\vec{r}_2) \varphi_k(\vec{r}_3) + \\ + \varphi_i(\vec{r}_1) \varphi_i(\vec{r}_3) \varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_3) \varphi_i(\vec{r}_2) \varphi_k(\vec{r}_1))$$

Г. такого состояния в системе бозонов быть не может

845. Три тождественных невзаимодействующих фермиона со спином $s = 1/2$ каждый движутся в некотором потенциале. Собственные функции одночастичного гамильтониана $\varphi_i(x)$ известны ($x = \vec{r}, \sigma_z$ индекс i включает в себя и «спиновые» квантовые числа). Какой формулой определяется волновая функция состояния системы частиц, в котором два фермиона находятся в одночастичном состоянии i , один – в одночастичном состоянии k ?

$$\text{А. } \Psi(x_1, x_2, x_3) = \varphi_i(x_1) \varphi_i(x_2) \varphi_k(x_3)$$

$$\text{Б. } \Psi(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{\sqrt{2}} (\varphi_i(x_1) \varphi_i(x_2) \varphi_k(x_3) - \varphi_i(x_1) \varphi_i(x_3) \varphi_k(x_2))$$

$$\text{В. } \Psi(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{\sqrt{3}} (\varphi_i(x_1) \varphi_i(x_2) \varphi_k(x_3) - \\ - \varphi_i(x_1) \varphi_i(x_3) \varphi_k(x_2) - \varphi_i(x_3) \varphi_i(x_2) \varphi_k(x_1))$$

Г. такого состояния в системе фермионов быть не может

846. Гамильтониан системы тождественных фермионов

А. симметричен относительно перестановок координат частиц, так как это фермионы

Б. антисимметричен относительно перестановок координат, так это фермионы

В. симметричен относительно перестановок координат частиц, так как частицы тождественные

Г. антисимметричен относительно перестановок координат частиц, так как частицы тождественные

847. Гамильтониан системы тождественных бозонов

А. симметричен относительно перестановок координат частиц, так как это бозоны

Б. антисимметричен относительно перестановок координат, так это бозоны

В. симметричен относительно перестановок координат частиц, так как частицы тождественные

Г. антисимметричен относительно перестановок координат частиц, так как частицы тождественные

848. Гамильтониан системы тождественных невзаимодействующих частиц

А. равен сумме одинаковых операторов, каждый из которых действует на координаты только одной частицы

Б. равен произведению одинаковых операторов, каждый из которых действует на координаты только одной частицы

В. равен сумме одинаковых операторов, каждый из которых действует на координаты только одной пары частиц

Г. равен произведению одинаковых операторов, каждый из которых действует на координаты только одной пары частиц

849. Два тождественных невзаимодействующих бозона со спином $s = 0$ каждый находятся в потенциале одномерного гармонического осциллятора. Какова кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии системы?

А. 1 Б. 2 В. 3 Г. 4

850. Десять тождественных невзаимодействующих фермионов со спином $s = 1/2$ находятся в потенциале одномерного гармонического осциллятора с частотой ω . Какова энергия основного состояния системы?

А. $24\hbar\omega$ Б. $25\hbar\omega$ В. $26\hbar\omega$ Г. $27\hbar\omega$

851. Десять тождественных невзаимодействующих фермионов со спином $s = 3/2$ находятся в потенциале одномерного гармонического осциллятора с частотой ω . Какова энергия основного состояния системы?

А. $10\hbar\omega$ Б. $11\hbar\omega$ В. $12\hbar\omega$ Г. $13\hbar\omega$

852. Десять тождественных невзаимодействующих бозонов со спином $s = 1$ находятся в потенциале одномерного гармонического осциллятора с частотой ω . Какова энергия основного состояния системы?

А. $5\hbar\omega$ Б. $6\hbar\omega$ В. $7\hbar\omega$ Г. $8\hbar\omega$

853. Два тождественных невзаимодействующих фермиона со спином $s = 1/2$ каждый находятся в потенциале одномерного гармонического осциллятора. Какова кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии системы?

А. 3 Б. 4 В. 5 Г. 6

854. Два тождественных невзаимодействующих бозона со спином $s = 0$ каждый находятся в потенциале сферического осциллятора. Какова кратность вырождения второго возбужденного уровня энергии системы?

Указание: кратности вырождения уровней энергии трехмерного осциллятора равны: 1 – для основного состояния, 3 – для первого возбужденного, 6 – для второго возбужденного.

А. 10 Б. 12 В. 14 Г. 16

855. Имеются два фермиона со спином $s = 1/2$ каждый. Что можно сказать о спиновой волновой функции состояния с определенным суммарным спином $S = 1$?

А. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц, так как частицы – фермионы

Б. эта функция не обладает определенной симметрией по отношению к перестановкам спиновых координат

В. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

Г. эта функция симметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

856. Имеются два фермиона со спином $s = 1/2$ каждый. Что можно сказать о спиновой волновой функции состояния с определенным суммарным спином $S = 0$?

А. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц, так как частицы – фермионы

Б. эта функция не обладает определенной симметрией по отношению к перестановкам спиновых координат

В. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

Г. эта функция симметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

857. Имеются два фермиона со спином $s = 1/2$ каждый. Какое утверждение относительно спиновой функции состояния, в котором проекция суммарного спина на ось z имеет определенное значение

$S_z = 0$, а сам суммарный спин определенного значения не имеет, является верным?

А. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц, так как частицы – фермионы

Б. эта функция, вообще говоря, не обладает определенной симметрией по отношению к перестановкам спиновых координат

В. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

Г. эта функция симметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

858. Имеются два фермиона со спином $s = 99/2$ каждый. Что можно сказать о симметрии спиновой волновой функции состояния, в котором суммарный спин имеет определенное значение $S = 97$?

А. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц, так как частицы – фермионы

Б. эта функция не обладает определенной симметрией по отношению к перестановкам спиновых координат

В. эта функция антисимметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

Г. эта функция симметрична относительно перестановок спиновых координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

859. Имеются два бозона со спином s каждый. Что можно сказать о спиновой волновой функции состояния, в котором суммарный спин имеет определенное значение $S = 2s$?

А. эта функция симметрична относительно перестановок спиновых координат частиц, так как частицы – бозоны

Б. эта функция не обладает определенной симметрией по отношению к перестановкам спиновых координат

В. эта функция антисимметрична относительно перестановок координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

Г. эта функция симметрична относительно перестановок координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

860. Имеются два бозона со спином s каждый. Что можно сказать о спиновой волновой функции состояния, в котором суммарный спин имеет определенное значение $S = 2s - 1$?

А. эта функция симметрична относительно перестановок спиновых координат частиц, так как частицы – бозоны

Б. эта функция не обладает определенной симметрией по отношению к перестановкам спиновых координат

В. эта функция антисимметрична относительно перестановок координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

Г. эта функция симметрична относительно перестановок координат частиц по построению независимо от того, являются частицы тождественными или нет

861. Два тождественных фермиона со спином $s = 3/2$ каждый находятся в состоянии с определенным суммарным спином S . Будет ли пространственная часть волновой функции системы обладать определенной симметрией по отношению к перестановкам?

А. да

Б. нет

В. будет, если $S = 3$ или $S = 1$

Г. будет, если $S = 2$ или $S = 0$

862. Система из двух тождественных фермионов со спином $s = 1/2$ каждый находится в состоянии, в котором суммарный спин не имеет определенного значения. Будет ли пространственная часть волновой функции системы обладать определенной симметрией по отношению к перестановкам?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. это зависит от проекции суммарного спина

863. Система из двух тождественных фермионов со спином $s = 1/2$ каждый находится в состоянии, в котором суммарный спин имеет определенное значение $S = 1$. Какова вероятность того, что частицы окажутся в одной точке пространства?

А. $w = 0$

Б. $w = 1/4$

В. $w = 1/3$

Г. $w = 1/2$

864. Система из двух тождественных фермионов со спином $s = 1/2$ находится в состоянии с пространственной волновой

функцией $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_1(\vec{r}_1)\varphi_2(\vec{r}_2) + \varphi_2(\vec{r}_1)\varphi_1(\vec{r}_2)$. Имеет ли суммарный спин системы определенное значение в этом состоянии, и если да, то какое?

А. да, $S = 1$

Б. нет

В. да, $S = 0$

Г. зависит от состояния

865. Система из двух тождественных фермионов со спином $s = 1/2$ находится в состоянии с пространственной волновой функцией $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_1(\vec{r}_1)\varphi_2(\vec{r}_2) - \varphi_2(\vec{r}_1)\varphi_1(\vec{r}_2)$. Имеет ли проекция суммарного спина системы на ось z определенное значение в этом состоянии, и если да, то какое?

А. да, $S_z = 1$

Б. нет

В. да, $S_z = 0$

Г. это зависит от состояния

866. Система из двух тождественных невзаимодействующих бозонов со спином $s = 1$ находится в состоянии, в котором пространственная часть волновой функции симметрична относительно перестановок координат. Имеет ли суммарный спин такой системы определенное значение?

А. да

Б. нет

В. вообще говоря, нет

Г. это зависит от пространственного состояния

867. Система из двух тождественных невзаимодействующих бозонов со спином $s = 1$ находится в состоянии, в котором пространственная часть волновой функции антисимметрична относительно перестановок координат. Имеет ли суммарный спин такой системы определенное значение?

А. да

Б. нет

В. вообще говоря, нет

Г. это зависит от пространственного состояния

868. Два тождественных невзаимодействующих бозона со спином $s = 2$ находятся в одинаковых пространственных состояниях. Какие значения суммарного спина системы можно обнаружить при измерениях?

А. только $S = 4$

Б. только $S = 2$

В. только $S = 0$, $S = 2$ и $S = 4$

Г. все возможные значения $S = 0$, $S = 1$, $S = 2$, $S = 3$ и $S = 4$

869. Два тождественных невзаимодействующих фермиона со спином $s = 3/2$ находятся в одинаковых пространственных состояниях.

ях. Какие значения суммарного спина системы можно обнаружить при измерениях?

А. $S = 3$ и $S = 1$

Б. только $S = 2$

В. $S = 2$ и $S = 0$

Г. все возможные значения $S = 0$, $S = 1$, $S = 2$, $S = 3$

870. Известно, что волновая функция системы двух тождественных частиц, описывающая состояние с определенным суммарным спином $S = 0$, является симметричной относительно перестановок пространственных координат частиц. Какие это частицы?

А. фермионы

Б. бозоны

В. информации недостаточно

Г. это зависит от пространственного состояния

9.2. Метод вторичного квантования

871. Метод вторичного квантования дает возможность

А. проквантовать пространство («первичное») и время («вторичное» квантование)

Б. находить собственные значения и собственные функции гамильтониана системы тождественных частиц

В. вычислять матричные элементы различных возмущений с волновыми функциями систем тождественных частиц

Г. находить решения временного уравнения Шредингера для систем тождественных частиц

872. Что такое числа заполнения одночастичных состояний?

А. это квантовые числа этих состояний

Б. это количество «мест» для частиц в этих состояниях

В. это число частиц, которые находятся в этих состояниях

Г. это доля заполнения этих «мест» в этих состояниях частицами

873. Имеется система тождественных, невзаимодействующих частиц. Какие два из трех терминов, относящихся к данной системе, – «волновая функция системы», «одночастичная волновая функция», «многочастичная волновая функция» – обозначают одно и то же?

А. первый и второй

Б. первый и третий

В. второй и третий

Г. все разные

874. Система тождественных бозонов имеет волновую функцию: $\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2)$, где $\varphi_i(\vec{r})$ и $\varphi_k(\vec{r})$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, i и k – одночастичные квантовые числа. Какое утверждение относительно чисел заполнения одночастичных состояний в этом состоянии справедливо?

А. числа заполнения состояний k и i имеют определенные значения, равные 1, остальных одночастичных состояний – определенных значений не имеют

Б. числа заполнения состояний k и i имеют определенные значения, равные 1/2, остальных одночастичных состояний – определенных значений не имеют

В. числа заполнения состояний k и i не имеют определенных значений, остальных одночастичных состояний – определенных значения, равные 0

Г. числа заполнения состояний k и i имеют определенные значения, равные 1, остальных одночастичных состояний – определенных значения, равные 0

875. Система тождественных невзаимодействующих частиц находится в таком состоянии, в котором числа заполнения состояний одночастичного гамильтониана системы n_i имеют определенные значения. Будет ли это состояние собственным состоянием гамильтониана системы?

А. да

Б. нет

В. это зависит от состояния

Г. это зависит от чисел заполнения

876. Система тождественных невзаимодействующих частиц находится в одном из собственных состояний гамильтониана системы. Будут ли в этом состоянии числа заполнения одночастичных состояний иметь определенные значения?

А. да

Б. нет

В. да, если отсутствует вырождение одночастичных состояний

Г. это зависит от того, являются частицы фермионами или бозонами

877. Система шести тождественных невзаимодействующих фермионов находится в состоянии, в котором числа заполнения состояний одночастичного гамильтониана имеют следующие значения: $n_i = 3$, $n_k = 2$, $n_m = 1$. Будет ли это состояние собственным для оператора Гамильтона системы и если да, то какому собственному значению оно отвечает?

А. да, собственному значению $3\varepsilon_i + 2\varepsilon_k + \varepsilon_m$

Б. нет

В. да, собственному значению $6\varepsilon_i + 4\varepsilon_k + 2\varepsilon_m$

Г. только, если состояния i, k, m вырождены

($\varepsilon_i, \varepsilon_k, \varepsilon_m$ – энергии одночастичных состояний)

878. Сравните энергию основных состояний системы невзаимодействующих тождественных бозонов E_b и системы невзаимодействующих тождественных фермионов E_f , если у этих систем одинаковые одночастичные гамильтонианы, а число частиц в системах одинаковое и большое.

А. $E_b > E_f$

Б. $E_b < E_f$

В. $E_b = E_f$

Г. сравнить эти энергии невозможно

879. Система тождественных частиц находится в состоянии, в котором числа заполнения одночастичных состояний имеют определенные значения n_i . Какой смысл имеет сумма всех чисел заполнения $\sum_i n_i$?

А. эта сумма равна единице (условие нормировки волновой функции)

Б. эта сумма равна числу частиц в системе

В. эта сумма равна энергии системы

Г. эта сумма равна полной массе системы

880. Система тождественных бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где $\varphi_i(\vec{r})$, $\varphi_k(\vec{r})$ и $\varphi_n(\vec{r})$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, i, k, n – одночастичные квантовые числа. Будут ли

в этом состоянии числа заполнения одночастичных состояний i, k, n иметь определенные значения?

А. состояния k – да, состояний i, n – нет

Б. состояния i – да, состояний k, n – нет

В. состояния n – да, состояний k, i – нет

Г. да для всех состояний

881. Система тождественных бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где $\varphi_i(\vec{r})$, $\varphi_k(\vec{r})$ и $\varphi_n(\vec{r})$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, i, k, n – одночастичные квантовые числа. Найдите средние значения числа заполнения одночастичного состояния k в этом состоянии

А. $\overline{n_k} = 0$

Б. $\overline{n_k} = 1/3$

В. $\overline{n_k} = 1/2$

Г. $\overline{n_k} = 1$

882. Система тождественных невзаимодействующих бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где $\varphi_i(\vec{r})$, $\varphi_k(\vec{r})$ и $\varphi_n(\vec{r})$ – собственные функции одночастичного гамильтониана системы, i, k, n – одночастичные квантовые числа. Будет ли это состояние собственным состоянием гамильтониана системы?

А. да

Б. нет

В. да, если состояния i и n вырождены

Г. да, если состояния k и n вырождены

883. Система тождественных невзаимодействующих бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где $\varphi_i(x)$, $\varphi_k(x)$ и $\varphi_n(x)$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, i, k, n – одночастичные квантовые числа. Чему равна средняя энергия системы в этом состоянии?

$$\text{A. } \overline{E} = \varepsilon_i + \frac{1}{2} \varepsilon_k + \frac{1}{2} \varepsilon_n$$

$$\text{Б. } \overline{E} = \varepsilon_k + \frac{1}{2} \varepsilon_i + \frac{1}{2} \varepsilon_n$$

$$\text{B. } \overline{E} = \varepsilon_n + \frac{1}{2} \varepsilon_k + \frac{1}{2} \varepsilon_i$$

$$\text{Г. } \overline{E} = \frac{\varepsilon_i + \varepsilon_k + \varepsilon_n}{3}$$

($\varepsilon_i, \varepsilon_k$ и ε_n – энергии одночастичных состояний)

884. Пусть разложение волновой функции системы тождественных частиц $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$ по состояниям, в которых числа заполнения имеют определенные значения $\psi_{n_1, n_2, \dots}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$, где $n_1, n_2, \dots$ – числа заполнения одночастичных состояний 1, 2, имеет вид $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots) = \sum_{n_1, n_2, \dots} C_{n_1, n_2, \dots} \psi_{n_1, n_2, \dots}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$, где $C_{n_1, n_2, \dots}$ – коэффициен-

ты разложения. Какая величина в этом равенстве представляет собой волновую функцию рассматриваемого состояния в представлении чисел заполнения?

$$\text{A. } \Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$$

$$\text{Б. } \psi_{n_1, n_2, \dots}(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots)$$

$$\text{B. } C_{n_1, n_2, \dots}$$

Г. ни одна из этих величин

885. Система тождественных фермионов имеет волновую функцию:

$$\psi = \frac{C_1}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_k(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_k(x_2) \end{vmatrix} + \frac{C_2}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_n(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_n(x_2) \end{vmatrix}, \text{ где } \varphi_i(x), \varphi_k(x) \text{ и } \varphi_n(x) - \text{собственные функции одночастичного гамильтониана, } i, k, n - \text{одночастичные квантовые числа, } x_1 \text{ и } x_2 \text{ включают в себя как пространственные, так и спиновые переменные, } C_1 \text{ и } C_2 - \text{числа. Какое из нижеперечисленных равенств относительно вероятностей различных значений чисел заполнения одночастичного состояния } i \text{ является правильным?}$$

А. $w(n_i = 1) = 1/2$

$$\text{Б. } w(n_i = 0) = |C_2|^2$$

$$\text{B. } w(n_i = 2) = 0$$

$$\text{Г. } w(n_i = 1) = |C_1|^2$$

886. Система тождественных фермионов имеет волновую функцию:

$$\psi = \frac{C_1}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_k(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_k(x_2) \end{vmatrix} + \frac{C_2}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_n(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_n(x_2) \end{vmatrix}, \text{ где } \varphi_i(x), \varphi_k(x) \text{ и } \varphi_n(x) - \text{собственные функции одночастичного гамильтониана, } i, k, n - \text{одночастичные квантовые числа, } x_1 \text{ и } x_2 \text{ включают в себя как пространственные, так и спиновые переменные, } C_1 \text{ и } C_2 - \text{числа. Какое из нижеперечисленных равенств относительно вероятностей различных значений чисел заполнения одночастичного состояния } i \text{ является правильным?}$$

А. $w(n_i = 1) = 1$

Б. $w(n_i = 0) = |C_2|^2$

В. $w(n_i = 2) = 1/2$

Г. $w(n_i = 1) = |C_1|^2$

887. Система тождественных фермионов имеет волновую функцию:

$$\psi = \frac{C_1}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_k(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_k(x_2) \end{vmatrix} + \frac{C_2}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_n(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_n(x_2) \end{vmatrix}, \text{ где } \varphi_i(x), \varphi_k(x) \text{ и } \varphi_n(x) - \text{собственные функции одночастичного гамильтониана, } i, k, n - \text{одночастичные квантовые числа, } x_1 \text{ и } x_2 \text{ включают в себя как пространственные, так и спиновые переменные, } C_1 \text{ и } C_2 - \text{числа. Какое из нижеперечисленных равенств относительно вероятностей различных значений чисел заполнения одночастичного состояния } i \text{ является правильным?}$$

А. $w(n_i = 1) = 1/2$

Б. $w(n_i = 0) = 0$

В. $w(n_i = 2) = 1/2$

Г. $w(n_i = 1) = |C_1|^2$

888. Система тождественных фермионов имеет волновую функцию:

$$\psi = \frac{C_1}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_k(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_k(x_2) \end{vmatrix} + \frac{C_2}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_n(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_n(x_2) \end{vmatrix}, \text{ где } \varphi_i(x), \varphi_k(x) \text{ и } \varphi_n(x) - \text{собственные функции одночастичного гамильтониана, } i, k, n - \text{одночастичные квантовые числа, } x_1 \text{ и } x_2 \text{ включают в себя как пространственные, так и спиновые переменные, } C_1 \text{ и } C_2 -$$

числа. Какое из нижеперечисленных равенств относительно вероятностей различных значений чисел заполнения одночастичного состояния k является правильным?

А. $w(n_k = 1) = 1/2$

Б. $w(n_k = 0) = 0$

В. $w(n_k = 2) = 1/2$

Г. $w(n_k = 1) = |C_1|^2$

889. Система тождественных фермионов имеет волновую функцию:

$$\psi = \frac{C_1}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_k(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_k(x_2) \end{vmatrix} + \frac{C_2}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_n(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_n(x_2) \end{vmatrix}, \text{ где } \varphi_i(x), \varphi_k(x) \text{ и}$$

$\varphi_n(x)$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, i, k, n – одночастичные квантовые числа, x_1 и x_2 включают в себя как пространственные, так и спиновые переменные, C_1 и C_2 – числа. Какое из нижеперечисленных равенств относительно вероятностей различных значений чисел заполнения одночастичного состояния k является правильным?

А. $w(n_k = 1) = 0$

Б. $w(n_k = 0) = |C_2|^2$

В. $w(n_k = 2) = 1/2$

Г. $w(n_k = 0) = 1/2$

890. Система тождественных фермионов имеет волновую функцию:

$$\psi = \frac{C_1}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_k(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_k(x_2) \end{vmatrix} + \frac{C_2}{2} \begin{vmatrix} \varphi_i(x_1) & \varphi_n(x_1) \\ \varphi_i(x_2) & \varphi_n(x_2) \end{vmatrix}, \text{ где } \varphi_i(x), \varphi_k(x) \text{ и}$$

$\varphi_n(x)$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, i, k, n – одночастичные квантовые числа, x_1 и x_2 включают в себя как пространственные, так и спиновые переменные, C_1 и C_2 – числа. Среднее значение числа заполнения одночастичного состояния n равно

А. $\overline{n_n} = 1$

Б. $\overline{n_n} = 0$

В. $\overline{n_n} = |C_1|^2$

Г. $\overline{n_n} = |C_2|^2$

891. Как действует оператор рождения частицы в i -м одночастичном состоянии на волновые функции состояний с определенными значениями чисел заполнения $\Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots}$ в случае бозонов?

$$\text{A. } \hat{a}_i^+ \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i+1, \dots}$$

$$\text{Б. } \hat{a}_i^+ \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i+1} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i+1, \dots}$$

$$\text{В. } \hat{a}_i^+ \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i-1, \dots}$$

$$\text{Г. } \hat{a}_i^+ \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i+1} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i-1, \dots}$$

892. Как действует оператор уничтожения частицы в i -м одночастичном состоянии на волновые функции состояний с определенными значениями чисел заполнения $\Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots}$ в случае бозонов?

$$\text{A. } \hat{a}_i \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i+1, \dots}$$

$$\text{Б. } \hat{a}_i \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i+1} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i+1, \dots}$$

$$\text{В. } \hat{a}_i \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i-1, \dots}$$

$$\text{Г. } \hat{a}_i \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i, \dots} = \sqrt{n_i+1} \Psi_{n_1, n_2, \dots, n_i-1, \dots}$$

893. Какое из приведенных ниже перестановочных соотношений операторов рождения и уничтожения для фермионов является правильным?

$$\text{A. } \hat{a}_i^+ \hat{a}_k + \hat{a}_k \hat{a}_i^+ = \delta_{ik}$$

$$\text{Б. } \hat{a}_i^+ \hat{a}_k - \hat{a}_k \hat{a}_i^+ = \delta_{ik}$$

$$\text{В. } \hat{a}_i^+ \hat{a}_k^+ + \hat{a}_k^+ \hat{a}_i^+ = \delta_{ik}$$

$$\text{Г. } \hat{a}_i \hat{a}_k - \hat{a}_k \hat{a}_i = \delta_{ik}$$

894. Каковы перестановочные соотношения операторов рождения и уничтожения для бозонов?

$$\text{A. } \hat{a}_i^+ \hat{a}_k + \hat{a}_k \hat{a}_i^+ = \delta_{ik}$$

$$\text{Б. } \hat{a}_i^+ \hat{a}_k - \hat{a}_k \hat{a}_i^+ = \delta_{ik}$$

$$\text{В. } \hat{a}_i^+ \hat{a}_k^+ + \hat{a}_k^+ \hat{a}_i^+ = \delta_{ik}$$

$$\text{Г. } \hat{a}_i \hat{a}_k - \hat{a}_k \hat{a}_i = \delta_{ik}$$

895. Какое из нижеперечисленных операторных равенств, содержащее фермионные операторы рождения и уничтожения, является верным?

$$\text{A. } \hat{a}_i \hat{a}_k = \hat{0}$$

$$\text{Б. } \hat{a}_i \hat{a}_i^+ = \hat{1}$$

$$\text{В. } \hat{a}_i^+ \hat{a}_i^+ = \hat{1}$$

$$\text{Г. } \hat{a}_i \hat{a}_i = \hat{0} \text{ (где } \hat{0} \text{ – нулевой, а } \hat{1} \text{ – единичный оператор)}$$

896. Какой формулой определяется оператор числа частиц в представлении чисел заполнения (индекс i нумерует одночастичные состояния)?

$$\text{А. } \hat{N} = \sum_i \hat{a}_i^+ \hat{a}_i \quad \text{Б. } \hat{N} = \sum_i \hat{a}_i \hat{a}_i^+ \quad \text{В. } \hat{N} = \sum_i \hat{a}_i^+ \hat{a}_{i+1}$$

$$\text{Г. } \hat{N} = \sum_i \hat{a}_{i+1} \hat{a}_i^+$$

897. Оператор числа заполнения одночастичного состояния $\hat{N}_i$ в представлении чисел заполнения равен

$$\text{А. } \hat{N}_i = \hat{a}_i^+ \hat{a}_i \quad \text{Б. } \hat{N}_i = \hat{a}_i \hat{a}_i^+$$

$$\text{В. } \hat{N}_i = \hat{a}_i^+ \hat{a}_i - 1 \quad \text{Г. } \hat{N}_i = \hat{a}_i \hat{a}_i^+ + 1$$

898. Система тождественных бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где $\varphi_i(\vec{r})$, $\varphi_k(\vec{r})$ и $\varphi_n(\vec{r})$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, i, k, n – одночастичные квантовые числа. Будет ли эта функция собственной функцией оператора числа заполнения одночастичного состояния $\hat{N}_i$, и если да, то какому собственному значению она будет отвечать?

$$\text{А. да, } n_i = 1$$

$$\text{Б. да, } n_i = 2$$

$$\text{В. да, } n_i = 3$$

Г. нет

899. Система тождественных бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где $\varphi_i(\vec{r})$, $\varphi_k(\vec{r})$ и $\varphi_n(\vec{r})$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, где i, k, n – одночастичные квантовые числа. Будет ли эта функция собственной функцией оператора числа заполнения одночастичного состояния $\hat{N}_k$, и если да, то какому собственному значению она будет отвечать?

$$\text{А. да, } n_k = 1$$

$$\text{Б. да, } n_k = 2$$

$$\text{В. да, } n_k = 3$$

Г. нет

900. Система тождественных бозонов имеет волновую функцию:

$$\psi \sim \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_k(\vec{r}_2) + \varphi_k(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2) + \varphi_i(\vec{r}_1)\varphi_n(\vec{r}_2) + \varphi_n(\vec{r}_1)\varphi_i(\vec{r}_2),$$

где $\varphi_i(\vec{r})$, $\varphi_k(\vec{r})$ и $\varphi_n(\vec{r})$ – собственные функции одночастичного гамильтониана, где i, k, n – одночастичные квантовые числа. Бу-

дет ли эта функция собственной функцией оператора числа частиц, и если да, то какому собственному значению она будет отвечать?

А. да, $N = 1$

Б. да, $N = 2$

В. да, $N = 3$

Г. нет

901. Система шести тождественных невзаимодействующих бозонов находится в состоянии, в котором числа заполнения состояний одночастичного гамильтониана имеют следующие значения: $n_1 = 3$, $n_2 = 2$, $n_3 = 1$ (квантовые числа одночастичных состояний 1, 2, 3 включают в себя и спиновые квантовые числа). Будет ли это состояние собственным для оператора $\hat{a}_1^+ \hat{a}_1$ и если да, то какому собственному значению оно будет отвечать?

А. да, собственному значению 3

Б. нет

В. да, собственному значению 2

Г. такого состояния быть не может

902. Система шести тождественных невзаимодействующих фермионов находится в состоянии, в котором числа заполнения состояний одночастичного гамильтониана имеют следующие значения: $n_1 = 3$, $n_2 = 2$, $n_3 = 1$ (квантовые числа одночастичных состояний 1, 2, 3 включают в себя и спиновые квантовые числа). Будет ли это состояние собственным для оператора $\hat{a}_1^+ \hat{a}_1$ и если да, то какому собственному значению оно будет отвечать?

А. да, собственному значению 3

Б. нет

В. да, собственному значению 2

Г. такого состояния быть не может

903. Система шести тождественных невзаимодействующих фермионов находится в состоянии, в котором фермионы заполняют шесть состояний одночастичного гамильтониана с квантовыми числами 1, 2, 3, 4, 5, 6. Будет ли это состояние собственным для оператора $\hat{a}_6^+ \hat{a}_6$ и если да, то какому собственному значению оно будет отвечать?

А. да, собственному значению 6

Б. да, собственному значению 0

В. да, собственному значению 1

Г. такого состояния быть не может

904. Система шести тождественных невзаимодействующих фермионов находится в состоянии, в котором фермионы заполняют шесть состояний одночастичного гамильтониана с квантовыми числами 1, 2, 3, 4, 5, 6. Будет ли это состояние собственным для оператора $\hat{a}_7^+ \hat{a}_7$ и если да, то какому собственному значению оно будет отвечать?

А. да, собственному значению 7

Б. да, собственному значению 0

В. да, собственному значению 1

Г. такого состояния быть не может

905. Классическое выражение физической величины A для системы тождественных частиц представляет собой сумму слагаемых, каждое из которых относится к одной частице $A = \sum_a A(\vec{r}_a)$, где

индекс a нумерует частицы. Каким будет квантовомеханический оператор физической величины A в представлении чисел заполнения?

А. $\hat{A} = \sum_{i,k} A_{ik} \hat{a}_i^+ \hat{a}_k$

Б. $\hat{A} = \sum_{i,k} A_{ik} \hat{a}_i \hat{a}_k^+$

В. $\hat{A} = \sum_{i,k} A_{ki} \hat{a}_i^+ \hat{a}_k$

Г. $\hat{A} = \sum_{i,k} A_{ki} \hat{a}_i \hat{a}_k^+$,

где A_{ik} – матричные элементы оператора $\hat{A}(\vec{r}_a)$ с одночастичными волновыми функциями.

906. Какой из нижеследующих формул определяется оператор Гамильтона системы тождественных невзаимодействующих частиц в представлении чисел заполнения?

А. $\hat{H} = \sum_i \varepsilon_i^2 \hat{a}_i^+ \hat{a}_i$

Б. $\hat{H} = \sum_i \varepsilon_i \hat{a}_i \hat{a}_i^+$

В. $\hat{H} = \sum_i \varepsilon_i \hat{a}_i^+ \hat{a}_i$

Г. $\hat{H} = \sum_i \varepsilon_i^2 \hat{a}_i \hat{a}_i^+$

907. Какой из нижеследующих формул определяется оператор Гамильтона системы тождественных невзаимодействующих частиц в представлении чисел заполнения?

$$\text{A. } \hat{H} = \sum_{ik} \varepsilon_i \varepsilon_k \hat{a}_i^+ \hat{a}_k$$

$$\text{Б. } \hat{H} = \sum_i \varepsilon_i \hat{a}_i^+ \hat{a}_i$$

$$\text{B. } \hat{H} = \sum_i \varepsilon_i \hat{a}_i \hat{a}_i^+$$

$$\text{Г. } \hat{H} = \sum_{ik} \sqrt{\varepsilon_i \varepsilon_k} \hat{a}_i^+ \hat{a}_k$$

908. Оператор физической величины A , относящейся к системе тождественных невзаимодействующих частиц, представляет собой сумму слагаемых $\hat{A}(i)$, каждое из которых действует на координаты одной частицы. Пусть матричные элементы оператора $\hat{A}(i)$ с собственными функциями одночастичного гамильтониана A_{mk} известны. Найдите среднее значение величины A в состоянии с определенными значениями чисел заполнения n_k

$$\text{A. } \bar{A} = \sum_{km} n_k n_m A_{km}$$

$$\text{Б. } \bar{A} = \sum_{km} \sqrt{n_k n_m} A_{km}$$

$$\text{B. } \bar{A} = \sum_k n_k A_{kk}$$

$$\text{Г. } \bar{A} = \sum_k n_k^2 A_{kk}$$

909. Система тождественных невзаимодействующих частиц находится в состоянии с определенными значениями чисел заполнения n_k . На систему действует зависящее от времени внешнее поле. В какие состояния возможен переход системы? (Ответ дать в первом порядке теории нестационарных возмущений).

А. только в состояния с теми же самыми числами заполнения

Б. только в состояния с числами заполнения, одно из которых увеличилось на единицу, а второе на единицу уменьшилось

В. только в состояния с числами заполнения, одно из которых увеличилось на два, а второе на два уменьшилось

Г. только в состояния с числами заполнения, два из которых увеличились на единицу, а два на единицу уменьшились

910. Система тождественных невзаимодействующих частиц находится в состоянии с определенными значениями чисел заполнения n_k . На систему накладывают малое возмущение, оператор которого

имеет вид: $\hat{V} = \sum_a \hat{V}(\vec{r}_a)$, где индекс a нумерует частицы. Какой

формулой определяется поправка первого порядка к энергии рассматриваемого состояния?

$$\text{A. } \Delta E^{(1)} = \sum_k n_k V_{kk}$$

$$\text{B. } \Delta E^{(1)} = \sum_{ik} \sqrt{n_i n_k} V_{ik}$$

$$\text{Б. } \Delta E^{(1)} = \sum_{ik} n_i n_k V_{ik}$$

$$\text{Г. } \Delta E^{(1)} = \sum_k n_k V_{kk}^2$$

ГЛАВА 10. ЗАДАЧА РАССЕЯНИЯ

10.1. Задача рассеяния. Постановка и принципы решения

911. Каков спектр собственных значений стационарного уравнения Шредингера для свободной частицы ($U(\vec{r}) = 0$)?

- А. любые положительные значения
- Б. любые отрицательные значения
- В. целые положительные значения
- Г. любые

912. Какова кратность вырождения собственных состояний свободного трехмерного уравнения Шредингера?

- А. 1
- Б. 2
- В. $2l + 1$
- Г. ∞

913. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какая из ниже следующих функций является решением стационарного уравнения

Шредингера при энергии E ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы)?

- А. $e^{ik_1x - ik_2y}$, $k_1 + k_2 = k$
- Б. $e^{ik_1x + ik_2z}$, $k_1^2 + k_2^2 = k^2$
- В. $e^{ik_1y + ik_2z}$, $k_1^2 - k_2^2 = k^2$
- Г. никакая из перечисленных

914. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какая из ниже следующих функций является решением стационарного уравнения

Шредингера при энергии E ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы)?

- А. $e^{ikx} + e^{3iky}$
- Б. $e^{ikx} - 2e^{ikz}$
- В. $e^{ky} + e^{-ky}$

Г. никакая из перечисленных

915. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Каков физический смысл решения $e^{ikx} - 2e^{ikz}$ стационарного уравнения Шредин-

гера при энергии E ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы)?

- А. описывает два потока частиц, распространяющихся вдоль осей x и z . Плотность второго потока вдвое больше плотности первого
- Б. описывает два потока частиц, распространяющихся вдоль осей x и z . Плотность второго потока вчетверо больше плотности первого
- В. описывает поток частиц, распространяющийся в направлении вектора $\vec{i} + 2\vec{k}$
- Г. не является решением уравнения Шредингера

916. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Каков физический смысл решения $e^{ik_1x+ik_2y}$ ($k_1^2 + k_2^2 = k^2$) стационарного уравнения Шредингера при энергии E ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$)?

А. описывает два потока частиц, распространяющихся вдоль осей x и y

Б. описывает поток частиц, распространяющихся в направлении вектора $\vec{k}_1 + \vec{k}_2$

В. описывает поток частиц, распространяющихся в направлении вектора $\vec{k}_1^2 + \vec{k}_2^2$

Г. не является решением уравнения Шредингера

917. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какие из перечисленных функций будут решениями стационарного уравнения Шредингера при энергии E ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы)?

А. e^{ikr}

Б. e^{-ikr}

В. e^{ikr}/r , $r \neq 0$

Г. e^{-ikr}/r^2 , $r \neq 0$

918. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какое из перечисленных решений стационарного уравнения Шредингера называют плоской волной?

А. $e^{ik_1z+ik_2x}$

Б. e^{ikr}/r

В. $e^{-ikz} + e^{ikx}$

Г. e^{-ikr}/r

919. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какое из перечисленных решений стационарного уравнения Шредингера называют расходящейся сферической волной?

А. e^{ikr}

Б. e^{ikr}/r

В. e^{-ikr}

Г. e^{-ikr}/r

920. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какое из перечисленных решений стационарного уравнения Шредингера называют сходящейся сферической волной?

А. e^{ikr}

Б. e^{ikr}/r

В. e^{-ikr}

Г. e^{-ikr}/r

921. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какое из перечисленных решений стационарного уравнения Шредингера описывает суперпозицию двух потоков частиц?

А. $e^{ik_1 z + ik_2 x}$

Б. $e^{ikz} + 2e^{-ikx}$

В. $e^{-kz} + e^{kx}$

Г. $e^{ik_1 z} + 2e^{-ik_2 x}$ ($k_1 \neq k_2$)

922. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Каков физический смысл решения e^{ikr} / r стационарного уравнения Шредингера при энергии E ($k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$)?

А. описывает изотропный поток частиц с определенной энергией, распространяющихся из бесконечности в направлении начала координат

Б. описывает изотропный поток частиц с определенной энергией, распространяющихся из начала координат

В. описывает суперпозицию двух потоков частиц с определенной энергией, распространяющихся из бесконечности в направлении начала координат и из начала координат

Г. эта функция не является решением уравнения Шредингера

923. Потенциальная энергия частицы равна нулю. На $-\infty$ по оси z расположен источник частиц, который излучает частицы с определенной энергией E в направлении начала координат. Какой волновой функцией описывается поток этих частиц ($k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$)?

А. e^{-ikz}

Б. $e^{ikz} + e^{-ikz}$

В. e^{ikz}

Г. ни одной из перечисленных

924. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какая из нижеперечисленных функций будет точным решением стационарного уравнения Шредингера при любых $r \neq 0$ ($k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$)?

А. $\sin \mathcal{G} e^{ikr} / r$

Б. $\cos \mathcal{G} \sin \varphi e^{-ikr} / r$

В. $e^{i\varphi} e^{ikr} / r$

Г. никакая из перечисленных

925. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какие из нижеперечисленных функций будут приближенными решениями стационарного уравнения Шредингера при $r \rightarrow \infty$?

А. $\sin \mathcal{G} r e^{ikr}$

Б. $\cos \mathcal{G} \sin \varphi \sin kr / r$

В. $e^{i\varphi} e^{kr} / r$

Г. никакая из перечисленных

926. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Как направлен вектор потока частиц на больших расстояниях от начала координат, если состояние частиц описывается следующим приближен-

ным (при $r \rightarrow \infty$) решением уравнения Шредингера $\psi(r, \vartheta, \varphi) = \cos \vartheta \sin \varphi e^{ikr} / r$?

А. в каждой точке вдоль единичного вектора $\vec{e}_\varphi$

Б. в каждой точке вдоль единичного вектора $\vec{e}_\vartheta$

В. в каждой точке вдоль единичного вектора $\vec{e}_r$

Г. вдоль некоторой линейной комбинации этих единичных векторов

927. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Будет ли функция e^{ikx} решением стационарного уравнения Шредингера при энергии E ($k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$)?

А. да

Б. нет, даже приближенно

В. приближенно при $r \rightarrow \infty$

Г. приближенно при $r \rightarrow 0$

928. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Что такое волновая функция задачи рассеяния, описывающая состояние с определенной энергией?

А. произвольное решение временного уравнения Шредингера

Б. произвольное решение стационарного уравнения Шредингера

В. решение стационарного уравнения Шредингера, имеющее асимптотику e^{ikr} / r при $r \rightarrow \infty$

Г. решение стационарного уравнения Шредингера, имеющее асимптотику $e^{ikz} + f(\vartheta, \varphi)e^{ikr} / r$ при $r \rightarrow \infty$

929. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. На $-\infty$ по оси z расположен источник частиц, который излучает частицы с определенной энергией E в направлении начала координат. Какой волновой функцией описывается поток этих частиц в области $r \rightarrow \infty$ ($k = \sqrt{2mE / \hbar^2}$, $f(\vartheta)$ – некоторая функция ϑ)?

А. e^{ikz} Б. $e^{ikz} + f(\vartheta)e^{ikr} / r$ В. $e^{ikz} + f(\vartheta)e^{-ikr} / r$

Г. $e^{-ikz} + f(\vartheta)e^{ikr} / r$

930. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Каков физический смысл решения стационар-

ного уравнения Шредингера, имеющего асимптотическое поведение $e^{ikz} + f(\vartheta)e^{ik_1 r}/r$ (k и k_1 – некоторые числа, $k \neq k_1$, $f(\vartheta)$ – некоторая функция ϑ)?

А. описывает падающие вдоль оси z и рассеянные частицы

Б. описывает частицы, излученные источником при $r = 0$ и движущиеся вдоль оси z

В. описывает частицы, движущиеся противоположно оси z и рассеянные потенциалом

Г. не является решением

931. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Рассмотрим решение стационарного уравнения Шредингера, которое имеет асимптотику $A(e^{ikz} + f(\vartheta)e^{ikr}/r)$ (A и k – числа, $f(\vartheta)$ – некоторая функция ϑ). Что в этом выражении есть амплитуда рассеяния?

А. A Б. k В. $f(\vartheta)$

Г. ничего

932. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Рассмотрим решение стационарного уравнения Шредингера, которое имеет асимптотику

$$Ae^{ikz} + Be^{ik\varphi} + f(\vartheta, \varphi)e^{ikr}/r$$

(A , B и k – числа, $f(\vartheta, \varphi)$ – некоторая функция углов). Что в этом выражении есть амплитуда рассеяния?

А. A Б. B В. $f(\vartheta, \varphi)$

Г. ничего

933. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Сколько линейно независимых решений стационарного уравнения Шредингера имеют асимптотику $e^{ikz} + f(\vartheta)e^{ikr}/r$ ($f(\vartheta)$ – некоторая функция ϑ)?

А. одно Б. два В. бесконечно много

Г. зависит от потенциала

934. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Как волновая функция задачи рассеяния, которая имеет асимптотику $Ae^{ikz} + f(\vartheta)e^{ikr}/r$ (A и k – числа, $f(\vartheta)$ – некоторая функция ϑ), ведет себя в области действия потенциала?

А. как e^{ikz}

Б. как $f(\vartheta)e^{ikr}/r$

В. по-другому

Г. это зависит от оператора Гамильтона

935. Потенциальная энергия частицы не равна нулю, но обращается в нуль при $r \rightarrow \infty$. Некоторое решение уравнения Шредингера асимптотически при $r \rightarrow \infty$ ведет себя как $f(\vartheta, \varphi)e^{ikr}/r$, где $f(\vartheta, \varphi)$ – некоторая функция углов. При нахождении асимптотики плотности потока необходимо дифференцировать

А. только функцию $f(\vartheta, \varphi)$

Б. только функцию e^{ikr}

В. только функцию $1/r$

Г. все функции

936. Потенциальная энергия зависит только от модуля радиус-вектора. Частицы падают на потенциал вдоль оси z . От каких переменных зависит в этом случае амплитуда рассеяния?

А. только от φ

Б. только от ϑ

В. только от φ и ϑ

Г. от φ , ϑ и r

937. Какова размерность амплитуды рассеяния?

А. длина

Б. импульс

В. энергия

Г. масса

938. Как дифференциальное сечение рассеяния выражается через амплитуду рассеяния $f(\vartheta)$?

А. $\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\theta)|$

Б. $\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\theta)|^2$

В. $\frac{d\sigma}{d\Omega} = 1 - |f(\theta)|^2$

Г. $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{|f(\theta)|^2}$

939. Как полное сечение рассеяния выражается через амплитуду рассеяния $f(\vartheta)$?

А. $\sigma = 2\pi \int_0^\pi |f(\vartheta)|^2 d\vartheta$

Б. $\sigma = \int_0^\pi |f(\vartheta)|^2 \sin \vartheta d\vartheta$

В. $\sigma = \int_0^\pi |f(\vartheta)|^2 d\vartheta$

Г. $\sigma = 2\pi \int_0^\pi |f(\vartheta)|^2 \sin \vartheta d\vartheta$

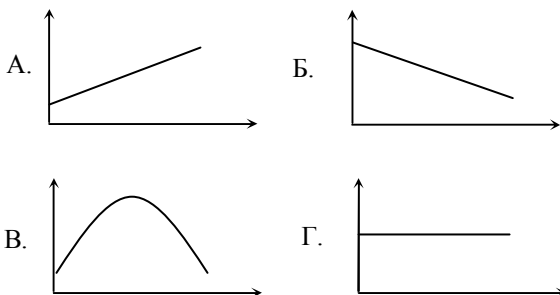
940. Частицы рассеиваются на потенциале, быстро убывающем с увеличением расстояния. Как полное сечение рассеяния зависит от угла рассеяния?

- А. растет с ростом угла
- Б. убывает с ростом угла
- В. не зависит от угла рассеяния
- Г. это зависит от потенциала

941. В каких пределах изменяется аргумент ϑ у амплитуды рассеяния?

- А. $0 < \vartheta < \pi$
- Б. $0 < \vartheta < 2\pi$
- В. $0 < \vartheta < \infty$
- Г. $-\infty < \vartheta < +\infty$

942. На рисунках приведены четыре зависимости амплитуды рассеяния от угла рассеяния ϑ . Какой из этих графиков отвечает изотропному рассеянию?



943. Какая формула является математическим выражением оптической теоремы ($\text{Im} \dots$ – мнимая часть, Re – действительная часть, k – волновой вектор, σ – полное сечение рассеяния)?

- А. $\text{Im } f(0) = \frac{k}{4\pi} \sigma$
- Б. $\text{Re } f(0) = \frac{k}{4\pi} \sigma$
- В. $\text{Im } f(\pi) = \frac{k}{4\pi} \sigma$
- Г. $\text{Re } f(\pi) = \frac{k}{4\pi} \sigma$

944. Частицы, падающие на потенциал вдоль оси z , рассеиваются некоторым потенциалом. Может ли амплитуда рассеяния быть действительной при $\vartheta = 0$?

- А. да
- Б. нет
- В. обязательно действительна
- Г. это зависит от потенциала

945. Частицы рассеиваются некоторым потенциалом. «Убыль» частиц в налетающем потоке определяется

А. $\text{Im } f(0)$ Б. $\text{Re } f(0)$ В. $|f(0)|^2$

Г. отношением $\text{Im } f(0)/\text{Re } f(0)$

946. Частицы рассеиваются некоторым потенциалом. «Убыль» частиц в налетающем потоке связана с

А. поглощением Б. рассеянием В. затуханием

Г. захватом частиц

947. Частицы рассеиваются некоторым потенциалом. Что можно сказать о знаке мнимой части амплитуды рассеяния на нулевой угол (амплитуды рассеяния вперед) $\text{Im } f(\vartheta = 0)$?

А. всегда «+» Б. всегда «−» В. зависит от потенциала

Г. бессмысленный вопрос

948. Частицы рассеиваются некоторым потенциалом. Что можно сказать о знаке действительной части амплитуды рассеяния на нулевой угол (амплитуды рассеяния вперед) $\text{Im } f(\vartheta = 0)$?

А. всегда «+» Б. всегда «−» В. зависит от потенциала

Г. бессмысленный вопрос

949. Оптическая теорема утверждает, что

А. уменьшение количества частиц в падающем потоке равно количеству частиц, рассеянных назад

Б. увеличение количества частиц в падающем потоке равно количеству частиц, пришедших из других каналов

В. уменьшение количества частиц в падающем потоке равно полному количеству рассеянных частиц

Г. то, что для малых длин волн (больших волновых векторов) движение частиц можно рассматривать в рамках геометрической оптики

950. Какое из нижеследующих утверждений есть следствие условия унитарности для рассеяния?

А. энергия рассеянных частиц равна энергии падающих

Б. количество падающих частиц равно количеству рассеянных

В. момент падающих частиц равен моменту рассеянных

Г. ни одно из перечисленных

951. Оптическая теорема есть следствие условия

А. унитарности

Б. эрмитовости

В. обратимости

Г. других физических принципов

952. Как зависит от угла рассеяния ϑ сечение рассеяния заряженной частицы на кулоновском потенциале (резерфордовское сечение)?

- А. как $\sin^2(\vartheta/2)$ Б. как $\frac{1}{\sin^2(\vartheta/2)}$ В. как $\frac{1}{\sin^4(\vartheta/2)}$
 Г. как $\sin^4(\vartheta/2)$

10.2. Борновское приближение и фазовая теория рассеяния

953. Частицы рассеиваются на потенциале $U(\vec{r})$. Какая из нижеприведенных формул определяет амплитуду рассеяния в борновском приближении?

- А. $f(\vartheta) \sim \int U(\vec{r}) d\vec{r}$ Б. $f(\vartheta) \sim \int U(\vec{r}) e^{-ik\vec{r}} d\vec{r}$
 В. $f(\vartheta) \sim \int U(\vec{r}) e^{-i\vec{q}\vec{r}} d\vec{r}$ Г. $f(\vartheta) \sim \int U(\vec{r}) e^{-i\vec{q}\vec{r}} d\vec{r}$

(где $\vec{k}$ — волновой вектор падающих частиц, $\vec{k}'$ — волновой вектор рассеянных частиц, $\vec{q} = \vec{k}' - \vec{k}$ — переданный импульс)

954. Какая из нижеперечисленных формул для переданного импульса является правильной?

- А. $q = 2k \sin \vartheta/2$ Б. $q = 2k \cos \vartheta/2$ В. $q = 2k \operatorname{tg} \vartheta/2$
 Г. $q = 2k \operatorname{ctg} \vartheta/2$

955. Частицы рассеиваются на потенциале $U(\vec{r})$. В какую из нижеприведенных величин из формулы Борна

$$f(\vartheta) = -(m/2\pi\hbar^2) \int U(\vec{r}) e^{-i\vec{q}\vec{r}} d\vec{r}$$

($\vec{q}$ — переданный импульс) входит угол рассеяния ϑ ?

- А. в общий множитель
 Б. в $U(\vec{r})$, так как ϑ — угол между $\vec{r}$ и осью z
 В. в $\vec{q}$, так как ϑ — угол между $\vec{q}$ и осью z
 Г. в $\vec{q}$, так как $q = 2k \sin \vartheta/2$

956. Частицы рассеиваются на потенциале $U(\vec{r})$. Чтобы борновское приближение работало, потенциал $U(\vec{r})$ должен быть

- А. «большим» Б. «маленьким» В. резким

Г. осциллирующим

957. Частицы рассеиваются на потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Какой будет амплитуда рассеяния частиц на этом потенциале, если выполнены условия применимости борновского приближения?

А. $f(\vartheta) \gg a$

Б. $f(\vartheta) \sim a$

В. $f(\vartheta) \ll a$

Г. величина амплитуды рассеяния и условия применимости борновского приближения никак не связаны между собой

958. Частицы рассеиваются на потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a , характерная величина потенциала – U_0 . При выполнении какого условия работает борновское приближение, если частицы медленные $ka \ll 1$ ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$)?

А. $U_0 \ll \frac{\hbar^2}{ma^2}$

Б. $U_0 \gg \frac{\hbar^2}{ma^2}$

В. $U_0 \ll \frac{\hbar^2 k}{ma}$

Г. $U_0 \ll \frac{\hbar^2 k^2}{m}$

959. Частицы рассеиваются на потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a , характерная величина потенциала – U_0 . При выполнении какого неравенства работает борновское приближение, если частицы быстрые $ka \gg 1$ ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$)?

А. $U_0 \ll \frac{\hbar^2}{ma^2}$

Б. $U_0 \gg \frac{\hbar^2}{ma^2}$

В. $U_0 \ll \frac{\hbar^2 k}{ma}$

Г. $U_0 \ll \frac{\hbar^2 k^2}{m}$

960. Частицы массой m рассеиваются на потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a , характерная величина потенциала – U_0 . Для параметров потенциала выполнено условие $U_0 \gg \frac{\hbar^2}{ma^2}$.

Для каких энергий частиц работает борновское приближение?

А. ни для каких

Б. для любых

B. $E \gg U_0$

$$\Gamma. E \gg \frac{\hbar^2 U_0^2}{ma^2}$$

U_0 . Для параметров потенциала выполнено условие $U_0 \ll \frac{\hbar^2}{ma^2}$.

Для каких энергий частиц работает борновское приближение?

Б. для любых

B. $E \gg U_0$

$$\Gamma. E \gg \frac{\hbar^2 U_0^2}{mq^2}$$

962. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Для быстрых или медленных частиц лучше работает борновское приближение?

Б. для быстрых $ka \gg 1$

Г. это зависит от потенциала

963. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Частицы медленные $ka \ll 1$, и выполнены условия применимости борновского приближения. Как амплитуда рассеяния зависит от угла рассеяния?

А. возрастает с ростом угла рассеяния

Б. убывает с ростом угла рассеяния

В. не зависит от угла рассеяния

Г. это зависит от потенциала

964. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Частицы медленные $ka \ll 1$, и выполнены условия применимости борновского приближения. Как амплитуда рассеяния зависит от энергии частиц?

Б. убывает с ростом энергии

Г. это зависит от потенциала

965. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Частицы быстрые $ka \gg 1$. Какое утверждение относительно зависимости амплитуды от угла рассеяния справедливо?

А. является резко возрастающей функцией угла

Б. является резко убывающей функцией угла

В. не зависит от угла рассеяния

Г. это зависит от потенциала

966. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Частицы быстрые $ka \gg 1$. На какие углы в основном происходит рассеяние?

А. вперед, в узкий конус с углом раствора $\Delta\vartheta = 1/ka$

Б. назад, в узкий конус с углом раствора $\Delta\vartheta = 1/ka$

В. вперед, в узкий конус с углом раствора $\Delta\vartheta = 1/(ka)^2$

Г. рассеяние является изотропным

967. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Частицы быстрые $ka \gg 1$. Как сечение рассеяния на малые углы $\Delta\vartheta \leq 1/ka$ зависит от энергии?

А. растет с ростом энергии

Б. убывает с ростом энергии

В. не зависит от энергии

Г. зависит от потенциала

968. Фазовая теория рассеяния – это разложение волновой функции задачи рассеяния по состояниям

А. с определенным импульсом

Б. с определенной энергией

В. с определенным моментом

Г. с определенной координатой

969. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$. Фазовую теорию рассеяния можно использовать, если потенциальная энергия

А. «маленькая»

Б. «большая»

В. резкая функция координаты

Г. независимо от того, какой является потенциальная энергия

970. Поток свободных частиц описывается волновой функцией e^{ikz} . Измеряют момент импульса частиц. Какие значения можно при этом получить?

А. единственное значение $l = 0$

Б. все неотрицательные четные значения

В. все положительные нечетные значения

Г. все неотрицательные целые значения

971. Поток свободных частиц описывается волновой функцией e^{ikz} . Измеряют проекцию момента импульса частиц. Какие значения можно при этом получить?

- А. единственное значение $m = 0$
- Б. положительные и отрицательные четные значения
- В. положительные и отрицательные нечетные значения
- Г. все целые значения

972. Какие сферические функции Y_{lm} входят в разложение волновой функции задачи рассеяния, имеющей асимптотику

$$e^{ikz} + f(\vartheta)e^{ikr}/r?$$

- А. Y_{l0} (l – любое целое неотрицательное число)
- Б. Y_{0m} (m – любое целое число)
- В. Y_{lm} (l – четные целые неотрицательные числа, m – нечетные)
- Г. Y_{lm} (l и m – все возможные значения)

973. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какие из перечисленных функций будут решениями стационарного уравнения Шредингера при энергии E и будут описывать частицы с определенным моментом и его проекцией на ось z ($k = \sqrt{2mE/\hbar^2}$, m – масса частицы, $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$)?

- А. e^{ikz}
- Б. $\frac{\operatorname{tg} kr}{r}$
- В. $\frac{\sin kr}{r}$
- Г. $\frac{\cos kr}{r}$

974. Потенциальная энергия частицы равна нулю. Какие из нижеперечисленных функций будут приближенными решениями стационарного уравнения Шредингера при $r \rightarrow \infty$ и будут описывать состояния с определенным моментом и проекцией?

- А. $\frac{1}{r} \sin\left(kr - \frac{l\pi}{2}\right) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$
- Б. $\frac{1}{r} \sin\left(kr + \frac{l\pi}{2}\right) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$
- В. $\frac{1}{r} \cos\left(kr - \frac{l\pi}{2}\right) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$
- Г. $\frac{1}{r} \cos\left(kr + \frac{l\pi}{2}\right) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$

975. Если потенциальная энергия частицы равна нулю, то функции $\frac{C}{r} \sin\left(kr - \frac{l\pi}{2}\right) Y_{lm}(\vartheta, \varphi)$ будут приближенными решениями радиального уравнения Шредингера для определенного момента l при $r \rightarrow \infty$ (C – постоянная, $k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$). Что изменится в этих функциях, если частицы будут рассеиваться некоторым потенциалом?

- А. постоянная C
- Б. момент l
- В. аргумент синуса
- Г. аргументы сферической функции

976. Частицы рассеиваются некоторым потенциалом. Фазы рассеяния δ_0 и δ_1 известны. Какой формулой определяется асимптотика радиальной волновой функции с моментом $l = 0$ при $r \rightarrow \infty$?

- А. $\frac{1}{r} \sin(kr + \delta_0)$
- Б. $\frac{1}{r} \sin\left(kr - \frac{\pi}{2} + \delta_0\right)$
- В. $\frac{1}{r} \sin(kr + \delta_1)$
- Г. $\frac{1}{r} \sin\left(kr - \frac{\pi}{2} + \delta_1\right)$

977. Частицы рассеиваются некоторым потенциалом. Фазы рассеяния δ_0 и δ_1 известны. Какой формулой определяется асимптотика радиальной волновой функции с моментом $l = 1$ при $r \rightarrow \infty$?

- А. $\frac{1}{r} \sin(kr + \delta_0)$
- Б. $\frac{1}{r} \sin\left(kr - \frac{\pi}{2} + \delta_0\right)$
- В. $\frac{1}{r} \sin(kr + \delta_1)$
- Г. $\frac{1}{r} \sin\left(kr - \frac{\pi}{2} + \delta_1\right)$

978. Что такое фазы рассеяния?

- А. фазовые множители в волновой функции задачи рассеяния
- Б. сдвиг аргумента (фазы) амплитуды рассеяния по сравнению со случаем нулевого потенциала
- В. отдельные этапы (начальная фаза, собственно рассеяние и конечная фаза) процесса рассеяния

Г. сдвиг аргумента (фазы) синуса, описывающего асимптотику радиальной части волновой функции задачи рассеяния с определенным моментом по сравнению со случаем нулевого потенциала

979. Частицы рассеиваются на некотором потенциале. Сколько фаз рассеяния точно характеризуют этот процесс?

А. три – начальная, промежуточная и конечная

Б. одна – для оси z

В. бесконечно много – по одной для каждого момента

Г. зависит от потенциала

980. Каким является выражение для сечения рассеяния через фазы рассеяния δ_l ($P_l(\cos \vartheta)$ – полиномы Лежандра, $H_l(\cos \vartheta)$ – полиномы Эрмита)?

А. $f(\vartheta) \sim \sum_l (2l+1) P_l(\cos \vartheta) e^{2i\delta_l}$

Б. $f(\vartheta) \sim \sum_l (2l+1) H_l(\cos \vartheta) e^{2i\delta_l}$

В. $f(\vartheta) \sim \sum_l \delta_l (2l+1) H_l(\cos \vartheta)$

Г. $f(\vartheta) \sim \sum_l \delta_l (2l+1) P_l(\cos \vartheta)$

981. Какой формулой определяется полное сечение упругого рассеяния?

А. $\sigma \sim \sum_l (2l+1) \sin^2 \delta_l$

Б. $\sigma \sim \sum_l (2l+1) \cos^2 \delta_l$

В. $\sigma \sim \sum_l (2l+1) \operatorname{tg}^2 \delta_l$

Г. $\sigma \sim \sum_l (2l+1) \operatorname{ctg}^2 \delta_l$

982. Что означает индекс k в фазе рассеяния δ_k ?

А. волновой вектор

Б. момент

В. проекцию момента

Г. номер фазы

983. Как фаза рассеяния зависит от угла рассеяния?

А. растет

Б. убывает

В. не зависит

Г. это зависит от потенциала

984. Частицы рассеиваются на некотором потенциале отталкивания $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Частицы медленные $ka \ll 1$. Как фаза s -рассеяния δ_0 зависит от волнового вектора k ?

- А. не зависит от k Б. как k В. как k^2
Г. как k^{-1}

985. Частицы рассеиваются на некотором потенциале. Известно, что фаза рассеяния δ_0 не равна нулю, все остальные фазы рассеяния равны нулю. Как зависит от угла рассеяния ϑ дифференциальное сечение рассеяния?

- А. не зависит Б. как $\cos \vartheta$ В. как $1/\cos \vartheta$
Г. как $A + B \cos \vartheta$
(A и B – постоянные)

986. Частицы рассеиваются на некотором потенциале. Известно, что фазы рассеяния δ_0 и δ_1 не равны нулю, все остальные фазы рассеяния равны нулю. Как зависит от угла рассеяния ϑ дифференциальное сечение рассеяния?

- А. не зависит Б. как $\cos \vartheta$ В. как $1/\cos \vartheta$
Г. как $A + B \cos \vartheta$
(A и B – постоянные)

987. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a ,. Частицы медленные $ka \ll 1$. Как ведут себя фазы рассеяния δ_l в зависимости от l ?

- А. растут с ростом l Б. убывают с ростом l
В. не зависят от l Г. зависит от потенциала

988. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$, радиус действия которого равен a . Частицы не медленные $ka \geq 1$. Как ведут себя фазы рассеяния δ_l в зависимости от l ?

- А. растут с ростом l Б. убывают с ростом l
В. не зависят от l Г. зависит от потенциала

989. S -оператор (S -матрица) рассеяния связывает

- А. энергию падающей и рассеянной частиц
Б. волновую функцию падающих и рассеянных частиц
В. момент падающих и рассеянных частиц

Г. волновой вектор падающих и рассеянных частиц

990. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$. Рассмотрим решение стационарного уравнения Шредингера, которое имеет асимптотику (при $r \rightarrow \infty$) $F(\vartheta, \varphi) \frac{e^{-ikr}}{r} - F_1(\vartheta, \varphi) \frac{e^{ikr}}{r}$, где $F(\vartheta, \varphi)$ и $F_1(\vartheta, \varphi)$ – амплитуды падающей и рассеянной волн. Как называется оператор, связывающий функции $F(\vartheta, \varphi)$ и $F_1(\vartheta, \varphi)$?

А. Q -оператор

Б. R -оператор

В. S -оператор

Г. T -оператор

991. Каким будет S -оператор (S -матрица), если потенциальная энергия равна нулю?

А. единичным

Б. нулевым

В. «минус единичным»

Г. в этом случае S -оператор невозможно определить

992. S -оператор (S -матрица) является

А. эрмитовым

Б. унитарным

В. совпадающим со своим обратным

Г. другим

993. Частицы рассеиваются на некотором потенциале $U(\vec{r})$. Рассмотрим решение стационарного уравнения Шредингера, которое имеет асимптотику (при $r \rightarrow \infty$) $F(\vartheta, \varphi) \frac{e^{-ikr}}{r} - F_1(\vartheta, \varphi) \frac{e^{ikr}}{r}$, где $F(\vartheta, \varphi)$ и $F_1(\vartheta, \varphi)$ – амплитуды падающей и рассеянной волн. К унитарности S -оператора (S -матрицы), приводит то обстоятельство, что

А. энергии первого и второго слагаемого одинаковы

Б. импульсы первого и второго слагаемого одинаковы

В. моменты первого и второго слагаемого одинаковы

Г. нормировки первого и второго слагаемого одинаковы

994. Собственные значения S -оператора (S -матрицы)

А. действительны

Б. чисто мнимы

В. квадраты их модулей равны 1

Г. равны 1 и -1

995. Как связаны друг с другом фазы рассеяния δ_l и диагональные матричные элементы S -оператора (S -матрицы) S_l ?

А. $S_l = \sin \delta_l$

Б. $S_l = e^{i\delta_l}$

В. $S_l = \sin 2\delta_l$

Г. $S_l = e^{2i\delta_l}$

996. Что можно сказать о диагональных матричных элементах S -матрицы при наличии неупругих процессов (каналов реакций)?

А. $|S_l| > 1$

Б. $|S_l| < 1$

В. S_l - действительны

Г. $|S_l| = 1$

997. Какое выражение является правильным обобщением оптической теоремы на случай неупругого рассеяния?

А. $\text{Im } f(0) = \frac{k}{4\pi} \sigma_e$

Б. $\text{Im } f(0) = \frac{k}{4\pi} \sigma_r$

В. $\text{Im } f(0) = \frac{k}{4\pi} \sigma_t$

Г. в случае неупругого рас-

сеяния оптическая теорема ни в каком виде не имеет места

(здесь σ_e , σ_r и σ_t – полное сечение упругого рассеяния, сечение реакций и полное сечение рассеяния)?

998. Пусть диагональные матричные элементы S -матрицы S_l при наличии неупругих процессов (каналов реакций) известны. Какой формулой определяется полное сечение упругого рассеяния σ_e ?

А. $\sim \sum_l (2l+1) (1 - |S_l|^2)$

Б. $\sim \sum_l (2l+1) |1 - S_l|^2$

В. $\sim \sum_l (2l+1) (1 - \text{Re } S_l)$

Г. ни одной из перечисленных

999. Пусть диагональные матричные элементы S -матрицы S_l при наличии неупругих процессов (каналов реакций) известны. Какой формулой определяется сечение реакций σ_r ?

А. $\sim \sum_l (2l+1) \left(1 - |S_l|^2\right)$

Б. $\sim \sum_l (2l+1) |1 - S_l|^2$

В. $\sim \sum_l (2l+1) (1 - \text{Re } S_l)$

Г. ни одной из перечисленных

1000. Пусть диагональные матричные элементы S -матрицы S_l при наличии неупругих процессов (каналов реакций) известны. Какой формулой определяется полное сечение упругого рассеяния плюс реакций σ_t ?

А. $\sim \sum_l (2l+1) \left(1 - |S_l|^2\right)$

Б. $\sim \sum_l (2l+1) |1 - S_l|^2$

В. $\sim \sum_l (2l+1) (1 - \text{Re } S_l)$

Г. ни одной из перечисленных

1001. «Закон $1/v$ » говорит о том, что

А. сечение упругого рассеяния при малых энергиях обратно пропорционально скорости

Б. сечение упругого рассеяния при больших энергиях обратно пропорционально скорости

В. сечение неупругого рассеяния при малых энергиях обратно пропорционально скорости

Г. сечение неупругого рассеяния при больших энергиях обратно пропорционально скорости

ОТВЕТЫ

1.1. Математические основы квантовой механики

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
1.	Б.	31.	Б.
2.	В.	32.	Г.
3.	А.	33.	Г.
4.	В.	34.	Г.
5.	Б.	35.	А.
6.	В.	36.	Г.
7.	Г.	37.	В.
8.	Б.	38.	В.
9.	В.	39.	Б.
10.	А.	40.	А.
11.	А.	41.	Б.
12.	Г.	42.	Г.
13.	В.	43.	В.
14.	А.	44.	Г.
15.	Б.	45.	В.
16.	Г.	46.	Б.
17.	В.		
18.	В.		
19.	А.		
20.	Б.		
21.	А.		
22.	А.		
23.	А.		
24.	В.		
25.	Г.		
26.	В.		
27.	Г.		
28.	Г.		
29.	Г.		
30.	В.		

1.2. Общие свойства собственных функций и собственных значений операторов физических величин

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
47.	В.	77.	В.
48.	Г.	78.	В.
49.	А.	79.	Г.
50.	А.	80.	Б.
51.	Б.		
52.	В.		
53.	В.		
54.	А.		
55.	В.		
56.	А.		
57.	А.		
58.	Б.		
59.	Б.		
60.	А.		
61.	Б.		
62.	В.		
63.	Б.		
64.	А.		
65.	В.		
66.	Г.		
67.	В.		
68.	А.		
69.	В.		
70.	В.		
71.	Б.		
72.	В.		
73.	Б.		
74.	Г.		
75.	В.		
76.	Б.		

1.3. Координата и импульс. Различные представления волновой функции

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
81.	Г.	111.	А.
82.	В.	112.	Б.
83.	А.	113.	Б.
84.	А.	114.	Г.
85.	В.	115.	В.
86.	В.	116.	В.
87.	А.	117.	Б.
88.	Б.	118.	Б.
89.	В.	119.	А.
90.	Б.		
91.	Б.		
92.	Б.		
93.	Б.		
94.	Б.		
95.	А.		
96.	В.		
97.	В.		
98.	В.		
99.	А.		
100.	Г.		
101.	Б.		
102.	А.		
103.	А.		
104.	В.		
105.	Г.		
106.	В.		
107.	Б.		
108.	В.		
109.	Г.		
110.	В.		

1.4. Зависимость физических величин от времени. Уравнение Шредингера

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
120.	Г.	150.	А.
121.	А.		
122.	А.		
123.	А.		
124.	Б.		
125.	Б.		
126.	А.		
127.	А.		
128.	Б.		
129.	В.		
130.	В.		
131.	В.		
132.	А.		
133.	Б.		
134.	В.		
135.	В.		
136.	Г.		
137.	В.		
138.	В.		
139.	В.		
140.	А.		
141.	Г.		
142.	Г.		
143.	В.		
144.	А.		
145.	В.		
146.	А.		
147.	В.		
148.	Б.		
149.	Б.		

2.1. Общие свойства одномерного движения

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
151.	Б.	181.	Б.
152.	А.	182.	А.
153.	Г.	183.	Г.
154.	Б.	184.	В.
155.	Б.	185.	В.
156.	А.	186.	Г.
157.	Г.		
158.	А.		
159.	Б.		
160.	Б.		
161.	А.		
162.	Б.		
163.	А.		
164.	Б.		
165.	Г.		
166.	В.		
167.	В.		
168.	Б.		
169.	В.		
170.	А.		
171.	В.		
172.	Г.		
173.	В.		
174.	В.		
175.	А.		
176.	А.		
177.	Г.		
178.	Б.		
179.	А.		
180.	Г.		

2.2. Бесконечно глубокая одномерная прямоугольная потенциальная яма

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
187.	Б.	217.	Г.
188.	В.	218.	В.
189.	А.	219.	А.
190.	В.	220.	В.
191.	В.	221.	Б.
192.	А.	222.	В.
193.	А.	223.	В.
194.	В.	224.	В.
195.	В.	225.	А.
196.	В.		
197.	Г.		
198.	В.		
199.	А.		
200.	Б.		
201.	А.		
202.	Б.		
203.	Б.		
204.	А.		
205.	А.		
206.	А.		
207.	В.		
208.	Б.		
209.	Г.		
210.	Г.		
211.	Б.		
212.	Г.		
213.	В.		
214.	А.		
215.	Г.		
216.	В.		

2.3. Гармонический осциллятор

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
226.	Б.	256.	В.
227.	Г.	257.	Б.
228.	А.	258.	А.
229.	В.	259.	А.
230.	В.	260.	А.
231.	В.	261.	Г.
232.	А.	262.	Г.
233.	Б.	263.	А.
234.	А.	264.	А.
235.	Б.	265.	Г.
236.	А.	266.	В.
237.	Б.	267.	В.
238.	В.	268.	В.
239.	Г.	269.	Б.
240.	Б.	270.	Г.
241.	А.	271.	А.
242.	Г.	272.	В.
243.	Г.	273.	В.
244.	Г.		
245.	Г.		
246.	А.		
247.	Б.		
248.	А.		
249.	А.		
250.	Б.		
251.	Б.		
252.	Г.		
253.	В.		
254.	А.		
255.	Б.		

2.4. Непрерывный спектр. Прохождение через барьеры

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
274.	Б.	304.	Г.
275.	Б.	305.	Б.
276.	В.	306.	Г.
277.	Б.	307.	В.
278.	А.	308.	А.
279.	Б.	309.	Б.
280.	Г.	310.	В.
281.	А.	311.	Г.
282.	В.	312.	Б.
283.	Г.		
284.	Б.		
285.	В.		
286.	В.		
287.	А.		
288.	Б.		
289.	А.		
290.	Г.		
291.	Г.		
292.	Г.		
293.	Б.		
294.	Б.		
295.	А.		
296.	В.		
297.	Г.		
298.	Б.		
299.	Б.		
300.	В.		
301.	Б.		
302.	Б.		
303.	Б.		

3.1. Общие свойства момента импульса

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
313.	А.	343.	В.
314.	В.	344.	В.
315.	А.	345.	В.
316.	Г.	346.	Г.
317.	В.	347.	А.
318.	А.	348.	А.
319.	Г.	349.	А.
320.	Б.		
321.	В.		
322.	В.		
323.	Г.		
324.	Г.		
325.	В.		
326.	В.		
327.	А.		
328.	В.		
329.	А.		
330.	Б.		
331.	В.		
332.	В.		
333.	В.		
334.	Б.		
335.	А.		
336.	В.		
337.	А. и В.		
338.	А.		
339.	Г.		
340.	Г.		
341.	Г.		
342.	В.		

3.2. Свойства собственных значений и собственных функций операторов момента импульса

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
350.	Б.	380.	Г.
351.	Б.	381.	В.
352.	А.	382.	В.
353.	Г.	383.	Г.
354.	Г.	384.	Г.
355.	А.	385.	А.
356.	Г.	386.	В.
357.	В.	387.	Б.
358.	В.	388.	В.
359.	А, В	389.	В.
360.	А.	390.	Г.
361.	Г.	391.	В.
362.	Г.	392.	Б.
363.	А.	393.	Г.
364.	А.	394.	В.
365.	А.	395.	Б.
366.	Б.	396.	В.
367.	А.	397.	А.
368.	Б.	398.	Г.
369.	Г.	399.	В.
370.	В.	400.	Г.
371.	Г.	401.	Б.
372.	Б.	402.	Б.
373.	А.	403.	Г.
374.	Б.	404.	Б.
375.	А.	405.	А.
376.	Г.	406.	А.
377.	Б.	407.	Б.
378.	А.	408.	А.
379.	В.	409.	В.

4.1. Общие свойства трехмерного движения

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
410.	Б.	440.	А.
411.	Б.	441.	Б.
412.	А.	442.	Б.
413.	А.	443.	А. и В.
414.	А.	444.	А. и Г.
415.	А.	445.	Г.
416.	В.	446.	Б.
417.	В.	447.	В.
418.	Б.	448.	В. и Г.
419.	Б.	449.	В. и Г.
420.	Г.	450.	В.
421.	Б.	451.	А.
422.	Б.	452.	В.
423.	А.	453.	А.
424.	Г.	454.	Г.
425.	Г.	455.	А.
426.	В.	456.	В.
427.	А.	457.	А.
428.	В.	458.	В.
429.	А.	459.	В. и Г.
430.	В.	460.	Г.
431.	А.		
432.	В.		
433.	А.		
434.	А.		
435.	А.		
436.	А.		
437.	А.		
438.	Б.		
439.	Г.		

4.2. Сферический осциллятор, кулоновский потенциал и бесконечно глубокая сферическая потенциальная яма

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
461.	Б и В.	491.	В.
462.	Б.	492.	Г.
463.	В.	493.	А.
464.	В.	494.	А.
465.	Г.	495.	Г.
466.	Б.	496.	Б.
467.	Б.	497.	В.
468.	Б.	498.	Г.
469.	А.	499.	В.
470.	Б.	500.	А.
471.	В.	501.	Г.
472.	Г.	502.	В.
473.	А.	503.	А.
474.	В.	504.	Б.
475.	А.	505.	Б.
476.	А.	506.	Б.
477.	Г.	507.	А.
478.	А.	508.	Г.
479.	А.	509.	Б.
480.	Г.	510.	Б.
481.	В.		
482.	В.		
483.	В.		
484.	А.		
485.	В.		
486.	В.		
487.	В.		
488.	Б.		
489.	Б.		
490.	В.		

5. Спин

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
511.	Б.	543.	В.
512.	Г.	544.	В.
513.	Г.	545.	Б.
514.	Г.	546.	Г.
515.	Г.	547.	А.
516.	В.	548.	Б.
517.	Г.	549.	А.
518.	А.	550.	В.
519.	Б.	551.	Б.
520.	Б.	552.	Г.
521.	Б.	553.	А.
522.	Г.	554.	Б.
523.	Г.	555.	В.
524.	А.	556.	Г.
525.	А.	557.	Г.
526.	Б.	558.	В.
527.	В.	559.	Б.
528.	А.	560.	В.
529.	А.	561.	В.
530.	Г.	562.	Г.
531.	В.	563.	А.
532.	А.	564.	Г.
533.	А.	565.	В.
534.	А.	566.	Г.
535.	Б.	567.	А.
536.	Б.	568.	А.
537.	Б.	569.	Б.
538.	Б. и В.	570.	А.
539.	А. и В.	571.	В.
540.	Б.	572.	А.
541.	В.	573.	Г.
542.	Г.		

6. Квазиклассическое приближение

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
574.	В.	604.	А.
575.	Б.	605.	Г.
576.	А.	606.	Г.
577.	Г.	607.	Б.
578.	Г.	608.	Г.
579.	В.	609.	В.
580.	Б.	610.	В.
581.	А.	611.	Б.
582.	В.	612.	А.
583.	А.	613.	В.
584.	А.		
585.	А.		
586.	В.		
587.	Б.		
588.	В.		
589.	А.		
590.	Г.		
591.	В.		
592.	Б.		
593.	А.		
594.	В.		
595.	А.		
596.	В.		
597.	Г.		
598.	А.		
599.	В.		
600.	Б.		
601.	Б.		
602.	А.		
603.	Б.		

7.1. Теория возмущений без вырождения

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
614.	В и Г.	644.	Б.
615.	Г.	645.	В.
616.	А.	646.	А.
617.	А.	647.	Б.
618.	Г.	648.	А.
619.	В.	649.	В.
620.	А.	650.	Б.
621.	В.	651.	А.
622.	А.	652.	А.
623.	Б.	653.	Б.
624.	Б.	654.	Г.
625.	В.	655.	Г.
626.	Б.	656.	Б.
627.	А.	657.	Г.
628.	В.	658.	В.
629.	В.	659.	В.
630.	А.	660.	А.
631.	А.	661.	В.
632.	А.	662.	Б.
633.	В.	663.	А.
634.	Г.	664.	Б.
635.	А.	665.	А.
636.	Б.	666.	А.
637.	В.	667.	Г.
638.	Б.	668.	Б.
639.	А.	669.	Г.
640.	Б.	670.	В.
641.	А.	671.	Г.
642.	В.	672.	А.
643.	А.	673.	А.

7.2. Теория возмущений при наличии вырождения

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
674.	В.	704.	Б.
675.	А.	705.	А.
676.	Б.	706.	В.
677.	Б.	707.	А.
678.	Б.	708.	А.
679.	В.	709.	А.
680.	Б.	710.	А.
681.	А.	711.	В.
682.	Б.	712.	Б.
683.	Г.	713.	Б.
684.	Б.	714.	В.
685.	А.	715.	В.
686.	В.	716.	Г.
687.	Б.	717.	Б.
688.	А.	718.	В.
689.	В.	719.	В.
690.	В.	720.	Б.
691.	Б.	721.	А.
692.	А.	722.	А.
693.	Г.	723.	Б.
694.	Б.	724.	Б.
695.	Г.	725.	Б.
696.	Б.	726.	А.
697.	А.	727.	А.
698.	А.	728.	В.
699.	Б.	729.	А.
700.	Б.	730.	А.
701.	А.	731.	Б.
702.	А.	732.	А.
703.	А.	733.	В.

8.1. Теория нестационарных возмущений

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
734.	Г.	764.	А.
735.	Б.	765.	Б.
736.	А.	766.	Б.
737.	В.	767.	А.
738.	В.	768.	А.
739.	Б.	769.	Б.
740.	Г.	770.	А.
741.	А.	771.	Г.
742.	Б.	772.	В.
743.	Г.	773.	Б.
744.	В.	774.	А.
745.	Б.	775.	Б.
746.	Б.	776.	А.
747.	В.	777.	Б.
748.	В.	778.	А.
749.	А.	779.	А.
750.	Б.	780.	В.
751.	А.	781.	Г.
752.	А.	782.	Г.
753.	Б.	783.	В.
754.	А.	784.	Б.
755.	А.	785.	Б.
756.	Г.	786.	Б.
757.	Г.	787.	А.
758.	В.	788.	Г.
759.	Б.	789.	Г.
760.	В.	790.	В.
761.	Г.	791.	Г.
762.	Б.		
763.	А.		

8.2. Переходы под действием периодических и внезапных возмущений

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
792.	Г.	822.	А.
793.	А.	823.	Б.
794.	Б.	824.	Г.
795.	В.	825.	А.
796.	А.	826.	Б.
797.	Г.	827.	А.
798.	Г.		
799.	В.		
800.	Б.		
801.	А.		
802.	Б.		
803.	Г.		
804.	А.		
805.	В.		
806.	В.		
807.	А.		
808.	А.		
809.	Б.		
810.	Г.		
811.	Б.		
812.	Б.		
813.	А.		
814.	А.		
815.	Б.		
816.	Б.		
817.	А.		
818.	Б.		
819.	Г.		
820.	Г.		
821.	В.		

9.1. Перестановочная симметрия волновой функции систем тождественных частиц

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
828.	Г.	858.	Г.
829.	В.	859.	Г.
830.	Г.	860.	В.
831.	Б.	861.	А.
832.	А.	862.	Б.
833.	А.	863.	А.
834.	А.	864.	В.
835.	В.	865.	Г.
836.	В.	866.	В.
837.	Б.	867.	А.
838.	Г.	868.	В.
839.	В.	869.	В.
840.	А.	870.	В.
841.	Б.		
842.	Б.		
843.	В.		
844.	В.		
845.	Г.		
846.	В.		
847.	В.		
848.	А.		
849.	Б.		
850.	Б.		
851.	Г.		
852.	А.		
853.	А.		
854.	Б.		
855.	Г.		
856.	В.		
857.	Б.		

9.2. Метод вторичного квантования

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
871.	В.	901.	А.
872.	В.	902.	Г.
873.	Б.	903.	В.
874.	Г.	904.	Б.
875.	А.	905.	А.
876.	В.	906.	В.
877.	А.	907.	Б.
878.	Б.	908.	В.
879.	Б.	909.	Б.
880.	Б.	910.	А.
881.	В.		
882.	Г.		
883.	А.		
884.	В.		
885.	В.		
886.	А.		
887.	Б.		
888.	Г.		
889.	Б.		
890.	Г.		
891.	Б.		
892.	А.		
893.	А.		
894.	Б.		
895.	Г.		
896.	А.		
897.	А.		
898.	А.		
899.	Г.		
900.	Б.		

10.1. Задача рассеяния. Постановка и принципы решения

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
911.	А.	941.	А.
912.	Г.	942.	Г.
913.	Б.	943.	А.
914.	Б.	944.	Б.
915.	Б.	945.	А.
916.	Б.	946.	Б.
917.	В.	947.	А.
918.	А.	948.	В.
919.	Б.	949.	В.
920.	Г.	950.	Б.
921.	Б.	951.	А.
922.	Б.	952.	В.
923.	В.		
924.	Г.		
925.	Б.		
926.	В.		
927.	В.		
928.	Г.		
929.	Б.		
930.	Г.		
931.	В.		
932.	Г.		
933.	А.		
934.	В.		
935.	Б.		
936.	Б.		
937.	А.		
938.	Б.		
939.	Г.		
940.	В.		

10.2. Борновское приближение и фазовая теория рассеяния

Номер задачи	Ответ	Номер задачи	Ответ
953.	Г.	983.	В.
954.	А.	984.	Б.
955.	Г.	985.	А.
956.	Б.	986.	Г.
957.	В.	987.	Б.
958.	А.	988.	Г.
959.	В.	989.	Б.
960.	Г.	990.	В.
961.	Б.	991.	А.
962.	Б.	992.	Б.
963.	В.	993.	Г.
964.	В.	994.	В.
965.	Б.	995.	Г.
966.	А.	996.	Б.
967.	В.	997.	В.
968.	В.	998.	Б.
969.	Г.	999.	А.
970.	Г.	1000.	В.
971.	А.	1001.	В.
972.	А.		
973.	В.		
974.	А.		
975.	В.		
976.	А.		
977.	Г.		
978.	Г.		
979.	В.		
980.	А.		
981.	А.		
982.	Б.		

*Сергей Владимирович Ивлиев
Валерий Владимирович Косачев
Александр Иванович Кузовлев
Сергей Евгеньевич Муравьев*

СБОРНИК ТЕСТОВЫХ ЗАДАЧ ПО КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ

Редактор Н.В. Егорова
Оригинал-макет изготовлен С.Е. Муравьевым

Подписано в печать 01.09.2008. Формат 60х84 1/16.
Печ.л. 16,5. Уч.-изд.л. 16,5. Тираж 150 экз.
Изд. № 4/131. Заказ № 1-2050

*Московский инженерно-физический институт
(государственный университет).
115409, Москва, Каширское ш., 31*

*Типография издательства «Тровант».
г. Троицк, Московской обл.*

