

Коллоквиум 2. Основы квантовой механики. Строение и свойства атомов

Вариант 1

1. Напишите выражения для оператора проекции импульса на ось x , для его собственной функции и для множества его собственных значений.
2. Напишите временное и стационарное уравнение Шрёдингера для атома гелия.
3. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме ширины 3 нм и глубины 4 эВ ?
4. Какова последовательность заполнения подоболочек в атомах при изменении номера элемента в таблице Менделеева от 19 до 36 ?

Вариант 2

1. Для каких одномерных потенциальных ям уровни энергии сближаются по мере роста энергии частицы?
2. Как связаны между собой орбитальный магнитный и механический моменты электрона?
3. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме ширины 5 нм и глубины 2 эВ ?
4. Подоболочка $5p$ заполнена ровно наполовину. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?

Вариант 3

1. Запишите выражения для оператора проекции момента импульса на ось z , для его собственной функции и для его собственных значений.
2. Как зависит от времени волновая функция, описывающая стационарное состояние электрона с энергией E ?
3. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме ширины 1,8 нм и глубины 6 эВ ?
4. Какова последовательность заполнения подоболочек в атомах при изменении номера элемента в таблице Менделеева от 37 до 54 ?

Вариант 4

1. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме шириной 0,7 нм и глубиной 5 эВ?
2. Запишите выражения для возможных значений модуля спинового магнитного момента электрона и его проекции на выделенную ось.
3. Найти величину расщепления уровня из-за спин-орбитального взаимодействия для состояния $5f$ в атоме водорода
4. Подоболочка $4d$ заполнена на 75%. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?

Вариант 5

1. Напишите выражение квантовомеханического оператора Гамильтона для линейного гармонического осциллятора.
2. Запишите выражения для оператора проекции импульса на ось x , для его собственной функции и для множества его собственных значений
3. Для иона гелия He^+ найти:
 - а) энергию (эВ), необходимую для перехода этого иона из основного состояния в первое возбужденное,
 - б) наиболее вероятное расстояние от ядра до электрона (в состоянии $4f$),

Вариант 6

1. Чему равна разность энергий $(n + 1)$ -го и n -го уровней для частицы массы m , находящейся в прямоугольной потенциальной яме бесконечной глубины шириной a ?
2. Для двукратно ионизованного атома лития Li^{++} найти:
 - а) энергию (эВ), необходимую для перехода этого иона из основного состояния в первое возбужденное,
 - б) наиболее вероятное расстояние от ядра до электрона (для состояния $3d$),
3. Подоболочка $5f$ заполнена ровно наполовину. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?

Вариант 7

1. Запишите выражения для оператора проекции импульса на ось x , для его собственной функции и для множества его собственных значений.
2. Для двукратно ионизованного атома лития Li^{++} найти:
 - а) наиболее вероятное расстояние от ядра до электрона (в состоянии $3d$),
 - б) Первый потенциал возбуждения.
3. Какова последовательность заполнения подоболочек в атомах при изменении номера элемента в таблице Менделеева от 11 до 36 ?

Вариант 8

1. Запишите выражения для потенциальной энергии и для уровней полной энергии линейного гармонического квантового осциллятора.
2. Для трехкратно ионизованного атома бериллия Be^{+++} найти:
 - а) наиболее вероятное расстояние от ядра до электрона (в состоянии $2p$),
 - в) энергию (эВ), необходимую отрыва последнего электрона.
3. Подоболочка $5d$ заполнена ровно наполовину. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?

Вариант 9

1. Как найти спектр собственных значений и набор собственных функций оператора физической величины?
2. Запишите выражение для приближенной оценки коэффициента проницаемости потенциального барьера.
3. Для атома брома Br ($Z = 35$) :
 - а) Записать электронную конфигурацию (распределение электронов по подоболочкам) основного состояния этого атома.
 - б) Оценить по порядку величины энергию связи (в эВ) для K - электронов данного атома и среднее расстояние этих электронов от ядра.

Вариант 10

1. Запишите выражения для возможных значений модуля полного механического момента электрона и его проекции на выделенную ось в квантовой механике.
2. Совокупность каких квантовых чисел полностью характеризует состояние электрона в атоме? Каковы возможные значения для каждого из этих чисел?
3. Для атома германия Ge ($Z = 32$) :
 - а. Записать электронную конфигурацию (распределение электронов по подоболочкам) и терм основного состояния этого атома.
 - б. Оценить по порядку величины: энергию связи (в эВ) для K - электронов ($n = 1$) данного атома и среднее расстояние этих электронов от ядра.

Вариант 11

1. Какой физический смысл имеют суперпозиционные коэффициенты в разложении волновой функции по собственным состояниям некоторой физической величины?
2. Чему равна разность энергий n -ого и $(n - 1)$ -ого уровней для частицы массы m , находящейся в прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками? Ширина ямы равна a .
3. Найти частоту магнитного резонанса для атома в состоянии $^4P_{3/2}$ при индукции постоянного магнитного поля $B = 3$ Тл.
4. Заполнение каких подоболочек (и каким количеством электронов для каждой из них) происходит в четвертом периоде таблицы Менделеева?

Вариант 12

1. Каковы возможные значения проекций орбитального углового момента электрона в f -состоянии?
2. Что такое орбитальный магнитный момент электрона и как он связан с его механическим моментом?
3. Для атома титана Ti ($Z = 22$):
 - а) записать электронную конфигурацию (распределение электронов по подоболочкам) и терм основного состояния этого атома.
 - б). Оценить по порядку величины: энергию связи (в эВ) для K - электронов ($n = 1$) данного атома и среднее расстояние этих электронов от ядра.

Вариант 13

1. Запишите выражения для возможных значений модуля полного механического момента и его проекции на выделенную ось для атома в состояниях с заданными числами L и S .
2. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме шириной 3 нм и глубиной 4 эВ?
3. Для атома ванадия V ($Z = 23$):
 - а) Записать электронную конфигурацию (распределение электронов по подоболочкам) и терм основного состояния этого атома.
 - б) Оценить по порядку величины энергию связи (в эВ) для K - электронов ($n = 1$) данного атома и среднее расстояние этих электронов от ядра.

Вариант 14

1. Чему равен спин электрона? Протона? Нейтрона?
2. Запишите выражения для возможных значений модуля орбитального магнитного момента электрона и его проекции на выделенную ось в квантовой механике.
3. Для атома кобальта Co ($Z = 27$):
 - а) Записать электронную конфигурацию (распределение электронов по подоболочкам) и терм основного состояния этого атома.
 - б) Оценить по порядку величины энергию связи (в эВ) для K -электронов ($n = 1$) данного атома и среднее расстояние этих электронов от ядра.

Вариант 15

1. Совокупность каких квантовых чисел полностью характеризует состояние электрона в атоме? Каковы возможные значения для каждого из этих чисел?
2. Найти частоту магнитного резонанса для атома в состоянии $^4D_{5/2}$ при индукции постоянного магнитного поля $B = 2$ Тл.
3. Заполнение каких подоболочек (и каким количеством электронов для каждой из них) происходит в шестом периоде таблицы Менделеева?
4. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме шириной 2 нм и глубиной 5 эВ?

Вариант 16

1. В каких случаях спектр энергии электрона дискретен, а в каких непрерывен?
2. Запишите выражения для возможных значений модуля спинового механического момента электрона и его проекции на выделенную ось.
3. Найти величину расщепления уровня из-за спин-орбитального взаимодействия для состояния $2p$ в атоме водорода
4. Заполнение каких подоболочек (и каким количеством электронов для каждой из них) происходит в третьем периоде таблицы Менделеева?

Вариант 17

1. Запишите выражение для фактора Ланде.
2. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме ширины 3 нм и глубины 4 эВ ?
3. Подоболочка $5p$ заполнена ровно наполовину. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?
4. Заполнение каких подоболочек (и каким количеством электронов для каждой из них) происходит в пятом периоде таблицы Менделеева?

Вариант 18

1. Запишите выражение для энергии электрона в симметричной прямоугольной потенциальной яме бесконечной глубины и заданной ширины. Объясните смысл входящих в это выражение величин.
2. Что такое эффект Рамзауэра?
3. Найти величину расщепления уровня из-за спин-орбитального взаимодействия для состояния $4p$ в атоме водорода
4. Подоболочка $4d$ заполнена ровно наполовину. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?

Вариант 19

1. Каковы возможные значения проекций орбитального углового момента электрона в d -состоянии?
2. Запишите выражения для орбитального гиромагнитного отношения и магнетона Бора. Каков смысл этих величин?
3. Для двукратно ионизованного атома лития Li^{++} найти:
 - а) энергию (эВ), необходимую для перехода этого иона из основного состояния в первое возбужденное,
 - б) наиболее вероятное расстояние от ядра до электрона (в основном состоянии),

Вариант 20

1. Найдите первый потенциал возбуждения для электрона в бесконечно глубокой потенциальной яме шириной 1 нм .
2. Для трехкратно ионизованного атома бериллия Be^{+++} найти:
 - а) наиболее вероятное расстояние от ядра до электрона (в основном состоянии),
 - в) энергию (эВ), необходимую для отрыва электрона.
3. Подоболочка $5d$ заполнена ровно наполовину. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?

Вариант 21

1. Запишите выражения для возможных значений модуля орбитального механического момента электрона и его проекции на выделенную ось в квантовой механике.
2. Запишите выражение для энергии магнитного момента в магнитном поле. Какое влияние оказывает магнитное поле на уровни энергии атома?
3. Найти частоту магнитного резонанса для атома в состоянии $^4D_{3/2}$ при индукции постоянного магнитного поля $B = 0.7$ Тл.
4. Заполнение каких подоболочек (и каким количеством электронов для каждой из них) происходит в четвертом периоде таблицы Менделеева?

Вариант 22

1. Запишите временное уравнение Шрёдингера для линейного гармонического осциллятора.
2. Для каких одномерных потенциальных ям уровни энергии сближаются по мере роста энергии частицы?
3. Для атома рубидия Rb ($Z = 37$):
 - а) Записать электронную конфигурацию (распределение электронов по подоболочкам) и терм основного состояния этого атома.
 - б). Оценить по порядку величины энергию связи (в эВ) для K -электронов данного атома и среднее расстояние этих электронов от ядра.

Вариант 23

1. Что такое мультиплетность состояния? Найдите возможные значения мультиплетности для атомов, содержащих на частично заполненной электронной оболочке один, два и три электрона.
2. Совокупность каких квантовых чисел полностью характеризует состояние электрона в атоме? Каковы возможные значения для каждого из этих чисел?
3. Найти величину расщепления уровня из-за спин-орбитального взаимодействия для состояния $4p$ в атоме водорода
4. Подоболочка $4d$ заполнена ровно наполовину. Сколько в этом случае в ней находится электронов? Каковы возможные значения спинового числа S для этой совокупности электронов?

Вариант 24

1. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме шириной 2 нм и глубиной 5 эВ?
2. Как зависит от времени волновая функция, описывающая стационарное состояние электрона с энергией E ?
3. Для двукратно ионизованного атома лития Li^{++} найти:
 - а) энергию (эВ), необходимую для перехода этого иона из основного состояния в первое возбужденное,
 - б) наиболее вероятное расстояние от ядра до электрона (в состоянии $3d$).

Вариант 25

1. Сколько уровней содержится в симметричной прямоугольной потенциальной яме шириной 0,7 нм и глубиной 5 эВ?
2. Запишите выражения для возможных значений модуля спинового магнитного момента электрона и его проекции на выделенную ось.
3. Найти частоту магнитного резонанса для атома в состоянии $^4P_{1/2}$ при индукции постоянного магнитного поля $B = 0.6$ Тл.
4. Заполнение каких подоболочек (и каким количеством электронов для каждой из них) происходит в четвертом периоде таблицы Менделеева?