

Индивидуальное задание № 5

Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Магнитные свойства атомов

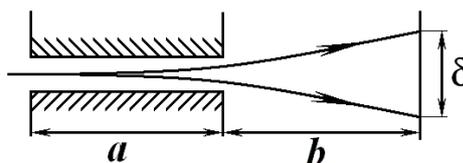
Вариант № 1

1. Заполненной электронной оболочке соответствует главное квантовое число $n = 3$. Определите число электронов в этой оболочке, которые имеют следующие квантовые числа: 1) $m_s = -1/2$; 2) $m_l = 0$; 3) $m_l = -1, m_s = +1/2$. [1) 9; 2) 6; 3) 2]
2. Определите основной терм и найдите кратность вырождения основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого nd^6 . [5D_4 ; $2J + 1 = 9$]
3. Вычислите магнитный момент атома водорода в основном состоянии.
[$\sqrt{3}\mu_B$]
4. Вычислите множитель Ланде для атомов с одним валентным электроном в состояниях S и P . [2; 2/3 и 4/3]
5. Атомы серебра, обладающие скоростью $v = 0,6$ км/с, пропускаются через узкую щель и направляются перпендикулярно линиям индукции неоднородного магнитного поля (опыт Штерна и Герлаха). В поле протяженностью $l = 6$ см пучок расщепляется на два. Определите степень неоднородности магнитного поля, при котором расстояние δ между компонентами расщепленного пучка по выходе его из поля, равно 3 мм. Атомы серебра находятся в основном состоянии.

$$\left[\frac{\partial B}{\partial z} = \frac{M_{Ag} \delta}{\mu_B N_A} \left(\frac{v}{l} \right)^2 = 5,8 \text{ кТл/м} \right]$$

Вариант № 2

1. Определите суммарное максимальное число s -, p -, d -, f - и g -электронов, которые могут находиться в N - и O -оболочках атома. [82]
2. Используя правила Хунда, найдите основной терм атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого nd^7 . [$^4F_{9/2}$]
3. Вычислите полную энергию, орбитальный момент импульса и орбитальный магнитный момент электрона, находящегося в $3d$ -состоянии, в атоме водорода. [$-1,5$ эВ; $2,45 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $2,27 \cdot 10^{-23}$ Дж/Тл]
4. На сколько подуровней расщепится в слабом магнитном поле терм: а) 3P_0 ; б) $^2F_{5/2}$; в) $^4D_{1/2}$? [а) Не расщепится; б) на шесть; в) не расщепится ($g = 0$)]
5. В опыте Штерна и Герлаха узкий пучок атомов цезия (в основном состоянии) проходит через поперечное неоднородное магнитное поле и попадает на экран. Какова должна быть неоднородность магнитного поля, если расстояние δ между компонентами расщепленного пучка равно 6 мм? Принять, что $a = b = 10$ см. Скорость v атомов цезия равна 0,3 км/с.



$$\left[\frac{\partial B}{\partial z} = \frac{M_{Cs} v^2 \delta}{\mu_B N_A a(a + 2b)} = 429 \text{ Тл/м} \right]$$

Вариант № 3

1. Заполненной электронной оболочке соответствует главное квантовое число $n = 3$. Определите число электронов в этой оболочке, которые имеют следующие квантовые числа: 1) $m_s = 1/2$; 2) $m_l = -2$; 3) $m_s = -1/2, m_l = 0$; 4) $m_s = 1/2, l = 2$. [1) 9; 2) 4; 3) 2; 4) 3]
2. Найдите с помощью правил Хунда полный момент импульса атома в основном состоянии, если его незаполненная оболочка содержит семь d -электронов. [$\hbar 3\sqrt{11}/2$]
3. Возбужденный атом имеет электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p 3d$ и находится при этом в состоянии с максимально возможным моментом импульса. Найдите магнитный момент атома в этом состоянии. [$\frac{5}{2}\sqrt{5}\mu_B$]
4. Атом находится в магнитном поле с индукцией 1,5 Тл. Найдите полную величину расщепления терма 1P_1 . [173,8 мкэВ]
5. Узкий пучок атомарного водорода пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial B/\partial z = 2$ кТл/м) магнитное поле протяженностью $a = 8$ см. Скорость v атомов водорода равна 4 км/с. Определите расстояние между компонентами расщепленного пучка атомов по выходе его из магнитного поля. Все атомы водорода в пучке находятся в основном состоянии. [$\delta = \frac{\mu_B N_A}{M_H} \left(\frac{\partial B}{\partial z}\right) \cdot \left(\frac{a}{v}\right)^2 = 4,46$ мм]

Вариант № 4

1. Запишите квантовые числа, определяющие внешний или валентный электрон в основном состоянии атома натрия. [$n = 3, l = 0, m_l = 0, m_s = 1/2$]
2. Найдите с помощью правил Хунда: 1) терм основного состояния атома, незамкнутая подоболочка которого заполнена ровно наполовину пятью электронами; 2) магнитный момент атома. [$^6S_{5/2}; p_J = \mu_B \sqrt{35}$]
3. Орбитальный момент импульса электрона в атоме водорода равен $1,83 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Определите орбитальный магнитный момент электрона. [$1,61 \cdot 10^{-23}$ Дж/Тл]
4. Найдите магнитный момент атома натрия, валентный электрон которого имеет главное квантовое число $n = 3$. Полный момент импульса атома максимален. [$3\sqrt{\frac{7}{5}} \mu_B$]
5. Узкий пучок атомов рубидия (в основном состоянии) пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное магнитное поле протяженностью $a = 10$ см. На экране, отстоящем на расстоянии $b = 20$ см от магнита, наблюдается расщепление пучка на два. Определите силу, действующую со стороны магнитного поля на атомы рубидия, если расстояние δ между компонентами пучка на экране равно 4 мм и скорость v атомов равна 0,5 км/с. [$F = \frac{M_{Rb} v^2 \delta}{N_A a(a + 2b)} = 4,73 \cdot 10^{-21}$ Н]

Вариант № 5

1. Используя периодическую систему элементов Д.И. Менделеева, запишите символически электронную конфигурацию следующих атомов в основном состоянии: 1) неона; 2) аргона; 3) криптона.
2. Воспользовавшись правилами Хунда, напишите основной терм атома, единственная незамкнутая оболочка которого заполнена на одну треть и $S = 1$. [3P_0]
3. Вычислите полную энергию, орбитальный момент импульса и орбитальный магнитный момент электрона, находящегося в $2p$ -состоянии в атоме водорода. [$-3,4$ эВ; $1,5 \cdot 10^{-34}$ Дж·с; $1,31 \cdot 10^{-23}$ Дж/Тл]
4. Вычислите множитель Ланде для атомов с одним валентным электроном в состояниях P и D . [$2/3$ и $4/3$; $4/5$ и $6/5$]
5. Узкий пучок атомарного водорода пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial B / \partial z = 2$ кТл/м) магнитное поле протяженностью $a = 8$ см. Скорость v атомов водорода равна 4 км/с. Определите расстояние δ между компонентами расщепленного пучка атомов по выходе его из магнитного поля. Атомы водорода в пучке находятся в основном состоянии. [$\delta = \frac{\mu_B N_A}{M_H} \left(\frac{\partial B}{\partial z} \right) \cdot \left(\frac{a}{v} \right)^2 = 4,46$ мм]

Вариант № 6

1. Электронная конфигурация некоторого элемента $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s$. Определите, что это за элемент. [Cu]
2. Используя правила Хунда, найдите основной терм атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого nd^2 . [3F_2]
3. Найдите магнитный момент атома натрия, валентный электрон которого имеет главное квантовое число $n = 4$, а полный момент импульса максимален. [$\frac{12}{\sqrt{7}} \mu_B$]
4. Найдите фактор Ланде терма $^2F_{5/2}$ и полную величину расщепления этого терма в слабом магнитном поле с индукцией 1 Тл. [$6/7$; 248 мкэВ]
5. Узкий пучок атомов пропускают по методу Штерна и Герлаха через поперечное резко неоднородное магнитное поле. Найдите максимальные значения проекций магнитных моментов атомов в состояниях 4F , 6S и 5D , если известно, что пучок расщепляется, соответственно, на 4 , 6 и 9 компонент. [$0,6\mu_B$; $5\mu_B$; $6\mu_B$]

Вариант № 7

1. Используя периодическую систему элементов Д.И. Менделеева, символически запишите электронную конфигурацию следующих атомов в основном состоянии: 1) меди; 2) хлора; 3) кальция.
2. Воспользовавшись правилами Хунда, напишите основной терм атома, в котором незаполненная подоболочка содержит три d -электрона. [${}^4F_{3/2}$]
3. Определите возможные значения орбитального магнитного момента электрона в возбужденном атоме водорода, если энергия возбуждения равна $12,09$ эВ. [0 ; $1,31 \cdot 10^{-23}$ Дж/Тл; $2,27 \cdot 10^{-23}$ Дж/Тл]
4. Найдите фактор Ланде терма ${}^2D_{5/2}$ и полную величину расщепления этого терма в слабом магнитном поле с индукцией $0,25$ Тл. [$6/5$; $86,9$ мкэВ]
5. Пучок атомов натрия вылетает из печи, температура которой $T = 350$ К. Пучок расщепляется в неоднородном магнитном поле с градиентом $\partial B / \partial z = 500$ Тл/м на пути $l = 6,5$ см. Найдите расстояние δ между атомами на выходе из магнитного поля. [$\delta = \frac{2l^2 \mu_B}{3kT} \cdot \frac{\partial B}{\partial z} = 5,4$ мм]

Вариант № 8

1. Заполненный электронный слой характеризуется квантовым числом $n = 4$. Укажите число электронов в этом слое, которые имеют одинаковые следующие квантовые числа: 1) $m_l = -3$; 2) $m_s = 1/2$ и $l = 2$; 3) $m_s = -1/2$ и $m_l = 1$. [1) 2; 2) 5; 3) 3]
2. Найдите с помощью правил Хунда число электронов в единственной незаполненной подоболочке атома, основной терм которого 3F_2 .
[Два d -электрона]
3. Вычислите магнитный момент для атома в состоянии 3P_2 . [$\frac{3}{2} \sqrt{6} \mu_B$]
4. Определите максимально возможный магнитный момент атома в состоянии, мультиплетность которого равна пяти и кратность вырождения по J – семи. Напишите спектральное обозначение соответствующего терма. [$\frac{4}{\sqrt{3}} \mu_B$; 5H_3]
5. Узкий пучок атомов ванадия в основном состоянии ${}^4F_{3/2}$ пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial H / \partial z = 83 \cdot 10^8$ А/м²) магнитное поле протяженностью $a = 10$ см. На экране, отстоящем на расстоянии $b = 20$ см от магнита, наблюдается расщепление пучка. Определите расстояние δ между крайними компонентами пучка на экране, если кинетическая энергия атомов $T = 0,04$ эВ.
[$\delta = \frac{a(a+2b)\mu_0 p_{Vz}}{2T} \cdot \frac{\partial H}{\partial z} = 5$ мм; $p_{Vz} = gJ\mu_B = 0,6\mu_B$]

Вариант № 9

1. Используя периодическую систему элементов Д.И. Менделеева, символически запишите электронную конфигурацию следующих атомов в основном состоянии: 1) цезия; 2) золота; 3) ртути.
2. Найдите с помощью правил Хунда число электронов в единственной незаполненной подоболочке атома, основной терм которого ${}^2P_{3/2}$.
[Пять p -электронов]
3. Вычислите магнитный момент атома в состоянии ${}^2D_{3/2}$. [$2\sqrt{\frac{3}{5}}\mu_B$]
4. Определите спиновый момент импульса атома в состоянии D_2 , если максимальное значение проекции магнитного момента в этом состоянии равно четырем магнетонам Бора. [$2\sqrt{3}\hbar$]
5. Узкий пучок атомарного водорода пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial B/\partial z = 4$ кТл/м) магнитное поле протяженностью $a = 8$ см. Скорость v атомов водорода равна 4 км/с. Определите расстояние δ между компонентами расщепленного пучка атомов по выходе его из магнитного поля. Все атомы водорода в пучке находятся в основном состоянии. [$\delta = \frac{\mu_B N_A}{M_H} \cdot \left(\frac{\partial B}{\partial z}\right) \left(\frac{a}{v}\right)^2 = 8,92$ мм]

Вариант № 10

1. Определите в периодической системе элементов Д.И. Менделеева элемент, у которого в основном состоянии заполнены K -, L -оболочки, а также $3s$ -подоболочка. [Mg]
2. Найдите с помощью правил Хунда число электронов в единственной незаполненной подоболочке атома, основной терм которого ${}^6S_{5/2}$.
3. Вычислите спиновый и орбитальный магнитные моменты атома водорода в основном состоянии. [$\sqrt{3}\mu_B$; 0]
4. Найдите полный момент импульса атома в состоянии с $S = 3/2$ и $L = 2$, если известно, что магнитный момент атома равен нулю. [$\hbar\sqrt{3}/2$]
5. Узкий пучок атомарного водорода пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial B/\partial z = 1$ кТл/м) магнитное поле протяженностью $a = 8$ см. Скорость v атомов водорода равна 4 км/с. Определите расстояние δ между компонентами расщепленного пучка атомов по выходе его из магнитного поля. Все атомы водорода в пучке находятся в основном состоянии. [$\delta = \frac{\mu_B N_A}{M_H} \left(\frac{\partial B}{\partial z}\right) \left(\frac{a}{v}\right)^2 = 2,23$ мм]

Вариант № 11

1. У какого элемента заполнены K -, L -, M -оболочки, $4s$ -подоболочка и наполовину – $4p$ -подоболочка? [As]
2. Определите основной терм и найдите кратность вырождения основного состояния атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого nd^6 . [5D_4 ; $2J + 1 = 9$]
3. Возбужденный атом имеет электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p 3d$ и находится при этом в состоянии с максимально возможным моментом импульса. Найдите магнитный момент атома в этом состоянии. [$\frac{5}{2}\sqrt{5}\mu_B$]
4. Найдите моменты импульса атомов в состояниях 5F и 7H , если известно, что в этих состояниях магнитные моменты атомов равны нулю. [$\hbar\sqrt{2}$; $\hbar\sqrt{6}$]
5. Узкий пучок атомов ванадия в основном состоянии ${}^4F_{3/2}$ пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial H/\partial z = 83 \cdot 10^8$ А/м²) магнитное поле протяженностью $a = 10$ см. На экране, отстоящем на расстоянии $b = 20$ см от магнита, наблюдается расщепление пучка. Определите расстояние δ между крайними компонентами пучка на экране, если кинетическая энергия атомов $T = 0,02$ эВ.

$$\left[\delta = \frac{a(a + 2b)\mu_0 p_{vz}}{2T} \cdot \frac{\partial H}{\partial z} = 10 \text{ мм}; p_{vz} = gJ\mu_B = 0,6\mu_B \right]$$

Вариант № 12

1. Напишите формулы электронного строения атомов: 1) кислорода; 2) хрома; 3) цезия.
2. Используя правила Хунда, напишите основной терм атома, единственная незаполненная подоболочка которого заполнена на одну треть и $S = 1$. [3P_0]
3. Определите спиновый момент импульса атома в состоянии D_2 , если максимальное значение проекции магнитного момента в этом состоянии равно четырем магнетонам Бора. [$2\sqrt{3}\hbar$]
4. Вычислите множитель Ланде для атомов с одним валентным электроном в синглетных состояниях. [1]
5. Узкий пучок атомарного водорода пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial B/\partial z = 2$ кТл/м) магнитное поле протяженностью $a = 8$ см. Скорость v атомов водорода равна 4 км/с. Определите расстояние δ между компонентами расщепленного пучка атомов по выходе его из магнитного поля. Атомы водорода в пучке находятся в основном состоянии. $\left[\delta = \frac{\mu_B N_A}{M_H} \left(\frac{\partial B}{\partial z} \right) \cdot \left(\frac{a}{v} \right)^2 = 4,46 \text{ мм} \right]$

Вариант № 13

1. Электронная конфигурация некоторого элемента $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$. Определите, что это за элемент. [Zn]
2. Используя правила Хунда, найдите основной терм атома, электронная конфигурация незаполненной подоболочки которого nd^7 . [${}^4F_{9/2}$]
3. Атом в состоянии с квантовыми числами $L = 2$ и $S = 1$ находится во внешнем магнитном поле. Найдите его магнитный момент, если известно, что наименьший возможный угол между магнитным моментом и направлением поля равен 30° . [$\frac{3}{\sqrt{3}}\mu_B$] $\frac{8}{\sqrt{3}}\mu_B$
4. Запишите спектральное обозначение терма, для которого известны следующие величины: $g = 6/7$; $S = 1/2$; $J = 5/2$. [${}^2F_{5/2}$]
5. Найдите фактор Ланде терма ${}^2P_{3/2}$ и полную величину расщепления этого терма в слабом магнитном поле с индукцией 0,5 Тл. [$4/3$; 115,8 мкэВ]

Вариант № 14

1. Напишите формулы электронного строения атомов: 1) бора; 2) углерода; 3) натрия.
2. Может ли вектор магнитного момента, обусловленного орбитальным движением электрона, установиться строго вдоль линий магнитной индукции? [Нет]
3. Запишите спектральное обозначение терма, для которого известны следующие величины: $g = 4/3$; $S = 1$; $L = 2$. [3D_3]
4. Постройте схему возможных переходов в слабом магнитном поле между состояниями, определяемыми следующими термами: ${}^2D_{3/2} \rightarrow \rightarrow {}^2S_{1/2}$. Сколько компонент содержит спектральная линия, соответствующая этому переходу? [Шесть компонент]
5. Узкий пучок атомарного водорода пропускается в опыте Штерна и Герлаха через поперечное неоднородное ($\partial B/\partial z = 3$ кТл/м) магнитное поле протяженностью $a = 8$ см. Скорость v атомов водорода равна 4 км/с. Определите расстояние δ между компонентами расщепленного пучка атомов по выходе его из магнитного поля. Все атомы водорода в пучке находятся в основном состоянии. [$\delta = \frac{\mu_B N_A}{M_H} \left(\frac{\partial B}{\partial z} \right) \left(\frac{a}{v} \right)^2 = 6,69$ мм]

Вариант № 15

1. Какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковыми следующие квантовые числа: 1) n, l, m_l ; 2) n, l ; 3) n ? [1) 2; 2) $2(2l+1)$; 3) $2n^2$]
2. Используя правила Хунда, запишите основные термы атомов P и S. [$^4S_{3/2}$; 3P_2]
3. Атом находится в состоянии 1F . Найдите соответствующий магнитный момент p_J и возможные значения его проекции p_{Jz} на направление внешнего магнитного поля. [$p_J = 2\sqrt{3}\mu_B$; $p_{Jz} = 0, \pm 3\mu_B; \pm 2\mu_B; \pm 1\mu_B$]
4. Найдите полный момент импульса атома в состоянии 7H , если известно, что в этом состоянии магнитный момент равен нулю. [$\hbar\sqrt{6}$]
5. Пучок атомов натрия вылетает из печи, температура которой $T = 350$ К. Пучок расщепляется в неоднородном магнитном поле с градиентом $\partial B/\partial z = 1,0$ кТл/м на пути $l = 6,5$ см. Найдите расстояние δ между атомами на выходе из магнитного поля. [$\delta = \frac{2l^2\mu_B}{3kT} \cdot \frac{\partial B}{\partial z} = 10,8$ мм]