

Атомная физика

Индивидуальное задание №8

Вариант № 1

1. Вычислите магнитный момент атома водорода в основном состоянии. [$\sqrt{3}\mu_B$]
2. 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 ($g = 0$)]
3. Постройте схему возможных переходов в магнитном поле между следующими состояниями: $^1D \rightarrow ^1P$. Сколько компонент содержит спектральная линия, соответствующая этому переходу?
[Три компоненты]
4. 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.

$$[\delta = \frac{\mu_B N_A}{M_H} \left(\frac{\partial B}{\partial z} \right) \cdot \left(\frac{a}{v} \right)^2 = 4,46 \text{ мм}]$$

Вариант № 2

1. Возбужденный атом имеет электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p^3 d$ и находится при этом в состоянии с максимально возможным моментом импульса. Найдите магнитный момент атома в этом состоянии.

$$\left[\frac{5}{2} \sqrt{5} \mu_B \right]$$

2. Вычислите множитель Ланде для атомов с одним валентным электроном в состояниях S и D . [2; 4/5 и 6/5]

3. Какой эффект Зеемана (простой, сложный) обнаруживают в слабом магнитном поле спектральные линии, обусловленные следующими переходами: 1) $^1P \rightarrow ^1S$; 2) $^2D_{5/2} \rightarrow ^2P_{3/2}$; 3) $^3D_1 \rightarrow ^3P_0$; 4) $^5I_5 \rightarrow ^5H_4$?

[1) Простой; 2) сложный; 3) простой; 4) простой]

4. Определите максимальные проекции магнитных моментов атомов ванадия (4F), марганца (6S) и железа (5D), если известно, что пучки атомов при прохождении через сильно неоднородное магнитное поле по методу Штерна и Герлаха расщепляются на 4, 6 и 9 составляющих. (В скобках указаны состояния, в которых находятся атомы.)

$$[0, 6\mu_B; 5\mu_B; 6\mu_B]$$

Вариант № 3

1. Найдите с помощью правил Хунда: 1) терм основного состояния атома, незамкнутая подболочка которого заполнена ровно наполовину пятью электронами; 2) магнитный момент атома.

$$[{}^6S_{5/2}; p_J = \mu_B \sqrt{35}]$$

2. Найдите фактор Ланде терма 3F_4 и полную величину расщепления этого терма в слабом магнитном поле с индукцией 0,5 Тл.

$$[5/4; 290 \text{ мкЭВ}]$$

3. Некоторая спектральная линия, обусловленная переходом в ${}^2S_{1/2}$ -состояние, расщепилась в слабом магнитном поле на шесть компонент. Напишите спектральный символ исходного терма. [${}^2P_{3/2}$]

4. 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 № 4

1. 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]
2. На сколько подуровней расщепится в слабом магнитном поле терм: а) 3D_0 ; б) $^2P_{5/2}$; в) $^4D_{1/2}$? [а) Не расщепится; б) на шесть; в) не расщепится ($g = 0$)]
3. Постройте схему возможных переходов в слабом магнитном поле между состояниями, определяемыми следующими термами: $^2D_{3/2} \rightarrow ^2S_{1/2}$. Сколько компонент содержит спектральная линия, соответствующая этому переходу? [Шесть компонент]
4. 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.

$$\left[\delta = \frac{2l^2 \mu_B}{3kT} \cdot \frac{\partial B}{\partial z} = 10,8 \text{ мм} \right]$$

Вариант № 5

1. Определите спиновый момент импульса атома в состоянии D_2 , если максимальное значение проекции магнитного момента в этом состоянии равно четырем магнетонам Бора. [$2\sqrt{3}\hbar$]
2. 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]

3. Постройте схему возможных переходов в слабом магнитном поле между состояниями, определяемыми следующими термами: ${}^2P_{1/2} \rightarrow {}^2S$. Сколько компонент содержит спектральная линия, соответствующая этому переходу? [Четыре компоненты]
4. 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.

$$\left[\delta = \frac{\mu_B N_A}{\mu_H} \cdot \left(\frac{\partial B}{\partial z} \right) \left(\frac{a}{v} \right)^2 = 8,92 \text{ мм} \right]$$

Вариант № 6

1. Найдите магнитный момент атома натрия, валентный электрон которого имеет главное квантовое число $n = 3$. Полный момент импульса атома максимален.

$$\left[3\sqrt{\frac{7}{5}} \mu_B \right]$$

2. Найдите моменты импульса атомов в состояниях 5F и 7H , если известно, что в этих состояниях магнитные моменты атомов равны нулю. $[\hbar \quad \hbar]$

3. Спектральная линия, обусловленная переходом ${}^3D_1 \rightarrow {}^3P_0$, испытывают расщепление в слабом магнитном поле. При наблюдении перпендикулярно направлению магнитного поля интервал между соседними компонентами зеемановской структуры составляет: $\Delta\omega = 1,32 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$. Найдите индукцию магнитного поля в месте нахождения источника. $\left[B = \frac{\hbar}{g\mu_B} = \nu, \nu \text{ Тл} \right]$

4. На сколько составляющих расщепляется в опыте Штерна и Герлаха пучок атомов, находящихся в состоянии: 1) ${}^2P_{3/2}$; 2) 1D_2 ; 3) 5F_1 ?
[1) 4; 2) 5; 3) не расщепляется, так как $g = 0$]

Вариант № 7

1. 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° .

$$\left[\frac{3}{\sqrt{3}} \mu_B \right]$$

2. Найдите фактор Ланде терма ${}^2P_{3/2}$ и полную величину расщепления этого терма в слабом магнитном поле с индукцией $0,5$ Тл.

$$[4/3; 115,8 \text{ мкЭВ}]$$

3. Постройте схему возможных переходов в слабом магнитном поле между состояниями, определяемыми следующими термами: ${}^2P_{3/2} \rightarrow {}^2S_{1/2}$. Сколько компонент содержит спектральная линия, соответствующая этому переходу? [Шесть компонент]

4. Определите максимальные проекции магнитных моментов атомов ванадия (4F), марганца (6S) и железа (5D), если известно, что пучки атомов при прохождении через сильно неоднородное магнитное поле по методу Штерна и Герлаха расщепляются на 4, 6 и 9 составляющих. (В скобках указаны состояния, в которых находятся атомы.)

$$[0,6\mu_B; 5\mu_B; 6\mu_B]$$

Вариант № 8

1. Атом находится в состоянии 1F . Найдите соответствующий магнитный момент p_J и возможные значения его проекции p_{Jz} на направление внешнего магнитного поля.

$$[p_J = 2\sqrt{3}\mu_B; p_{Jz} = 0, \pm 3\mu_B; \pm 2\mu_B; \pm 1\mu_B]$$

2. Определите спиновый момент импульса атома в состоянии D_2 , если максимальное значение проекции магнитного момента в этом состоянии равно четырем магнетонам Бора. [$2\sqrt{3}\hbar$]

3. Вычислите полное расщепление $\Delta\omega$ спектральной линии ${}^3D_3 \rightarrow {}^3P_2$ в слабом магнитном поле с индукцией $B = 0,34$ Тл.

$$[\omega = 2(m_1g_1 - m_2g_2)_{\max}\mu_B B/\hbar = 1,0 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}]$$

4. На сколько составляющих расщепляется в опыте Штерна и Герлаха пучок атомов, находящихся в состоянии: а) 3P_0 ; б) ${}^2F_{5/2}$; в) ${}^4D_{1/2}$? [а) Не расщепится; б) на шесть; в) не расщепится ($g = 0$)]

Вариант № 9

1. Вычислить с помощью правил Хунда магнитный момент основного состояния атома, в котором незаполненная оболочка имеет электронную конфигурацию np^5 .
[$M_J = 2\sqrt{5/3} \mu_B$]
2. Убедиться, что магнитные моменты атомов в состояниях ${}^4D_{1/2}$ и ${}^6G_{3/2}$ равны нулю. Интерпретировать этот факт на основе векторной модели атома.
3. Постройте схему возможных переходов в магнитном поле между следующими состояниями: ${}^1F \rightarrow {}^1D$. Сколько компонент содержит спектральная линия, соответствующая этому переходу?
[Три компоненты]
4. В одном из опытов по расщеплению узкого атомарного пучка по методу Штерна и Герлаха использовали атомы ванадия в основном состоянии ${}^4F_{3/2}$. Найти расстояние между крайними компонентами пучка на экране (см. рис.), если $a = 10$ см, $b = 20$ см, $\partial V/\partial z = 23$ кГс/см и кинетическая энергия атомов $T = 0,040$ эВ.
[5 мм]

Вариант № 10

1. Вычислить с помощью правил Хунда магнитный момент основного состояния атома, в котором незаполненная оболочка имеет электронную конфигурацию nd^3 .
[$M_J = \sqrt{3/5} \mu_B$]
2. Объяснить с помощью векторной модели, почему механический момент атома, находящегося в состоянии ${}^6F_{1/2}$, прецессирует в магнитном поле \mathbf{B} с угловой скоростью $\boldsymbol{\omega}$, вектор которой направлен противоположно вектору \mathbf{B} .
3. Постройте схему возможных переходов в магнитном поле между следующими состояниями: ${}^2D_{5/2} \rightarrow {}^2P_{3/2}$. Сколько компонент содержит спектральная линия, соответствующая этому переходу?
[12 компонент]
4. На сколько составляющих расщепляется в опыте Штерна и Герлаха пучок атомов, находящихся в основном состоянии: B ; N ; F ; Ne ? [2; 4; 4; 0]