

# Атомная физика

## Индивидуальное задание №8

### Вариант № 1

1. Вычислить для иона  $He^+$  интервалы в  $см^{-1}$  между крайними компонентами тонкой структуры уровней с  $n = 2, 3$  и  $4$ . Изобразить схему переходов  $n' = 4 \rightarrow n'' = 2$ .
2. Атом находится в слабом магнитном поле с индукцией  $4,0$  кГс. Найти минимальный интервал (в эВ) между подуровнями термов  $^1F$  и  $^2D_{3/2}$ .
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  $\delta$  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 № 2

1. Вычислить для иона  $Li^{++}$  интервалы в  $\text{см}^{-1}$  между крайними компонентами тонкой структуры уровней с  $n = 3, 4$  и  $5$ . Изобразить схему переходов  $n' = 5 \rightarrow n'' = 4$ .
2. Определите количество подуровней и полную величину расщепления (в эВ) в магнитном поле 1 Тл терма: а)  $^3P_0$ ; б)  $^4D_{1/2}$ ? Поле считать слабым.
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.)

[0,6μ<sub>Б</sub>; 5μ<sub>Б</sub>; 6μ<sub>Б</sub>]

### Вариант № 3

1. Вычислить для иона  $He^+$  минимальные интервалы в  $cm^{-1}$  между компонентами тонкой структуры уровней с  $n = 2, 3$  и  $4$ . Изобразить схему переходов  $n' = 4 \rightarrow n'' = 3$ .
2. Найдите фактор Ланде, количество подуровней термина  ${}^2F_{5/2}$  и полную величину расщепления (в эВ) этого термина в слабом магнитном поле с индукцией 1 Тл.
3. Некоторая спектральная линия, обусловленная переходом в  ${}^2S_{1/2}$ -состояние, расщепилась в слабом магнитном поле на шесть компонент. Напишите спектральный символ исходного термина. [ ${}^2P_{3/2}$ ]
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. Вычислить для иона  $Li^{++}$  минимальные интервалы в  $\text{см}^{-1}$  между компонентами тонкой структуры уровней с  $n = 3, 4$  и  $5$ . Изобразить схему переходов  $n' = 5 \rightarrow n'' = 3$ .
2. Атом находится в слабом магнитном поле с индукцией  $4,0$  кГс. Найти полную величину расщепления (в эВ) термов  ${}^1F$  и  ${}^2D_{3/2}$ .
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  $\delta$  между атомами на выходе из магнитного поля.

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

### Вариант № 5

1. Определить для ионов  $Li^{++}$  число компонент тонкой структуры и интервал в длинах волн между крайними компонентами второй линии серии Бальмера.
2. Определите количество подуровней и полную величину расщепления (в эВ) в магнитном поле 0,75 Тл терма: а)  ${}^2F_{5/2}$ ; в)  ${}^6G_{3/2}$ ? Поле считать слабым.
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  $\delta$  между компонентами расщепленного пучка атомов по выходе его из магнитного поля. Все атомы водорода в пучке находятся в основном состоянии.

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

## Вариант № 6

1. Определить для ионов  $He^+$  число компонент тонкой структуры и интервал в длинах волн между крайними компонентами второй линии серии Пашена.
2. Найдите фактор Ланде, количество подуровней термина  ${}^2P_{3/2}$  и полную величину расщепления (в эВ) этого термина в слабом магнитном поле с индукцией 0,5 Тл.
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.  $[B = \frac{\hbar\Delta\omega}{g\mu_B} = 0,3 \text{ Тл}]$
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. Определить для ионов  $He^+$  число компонент тонкой структуры и минимальный интервал в длинах волн между компонентами второй линии серии Бальмера.
2. Определите количество подуровней и полную величину расщепления (в эВ) в магнитном поле 0,5 Тл терма: а)  $^3D_0$ ; б)  $^4D_{1/2}$ ? Поле считать слабым.
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. Определить для ионов  $Li^{++}$  число компонент тонкой структуры и минимальный интервал в длинах волн между компонентами второй линии серии Пашена.
2. Атом находится в слабом магнитном поле с индукцией 2,50 кГс. Найти полную величину расщепления (в эВ) термов  $^1D$  и  $^3F_4$ .
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. При какой разрешающей способности спектрального прибора ( $\lambda/\Delta\lambda$ ) можно обнаружить тонкую структуру третьей линии серии Бальмера у атомарного водорода.
2. Определите количество подуровней и полную величину расщепления (в эВ) в магнитном поле 0,25 Тл терма: а)  $^2P_{5/2}$ ; в)  $^6G_{3/2}$ ? Поле считать слабым.
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. При какой разрешающей способности спектрального прибора ( $\lambda/\Delta\lambda$ ) можно обнаружить тонкую структуру головной линии серии Пашена у иона  $He^+$ .
2. Атом находится в слабом магнитном поле с индукцией 2,50 кГс. Найти минимальный интервал (в эВ) между подуровнями термов  $^1D$  и  $^3F_4$ .
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]