

Атомная физика

Индивидуальное задание №3

Вариант № 1

1. Максимальная длина волны спектральной водородной линии серии Лаймана равна 0,12 мкм. Предполагая, что постоянная Ридберга неизвестна, определите максимальную длину волны серии Бальмера. [0,648 мкм]
2. Покоящийся ион He^+ испустил фотон, соответствующий головной серии Лаймана. Этот фотон вырвал фотоэлектрон из покоящегося атома водорода, который находился в основном состоянии. Найдите скорость фотоэлектрона. [3,1 Мм/с]
3. Определите потенциальную U , кинетическую T и полную E энергию электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.
[$U = -2R\hbar = -27,2$ эВ; $T = R\hbar = 13,6$ эВ; $E = -R\hbar = -13,6$ эВ]
4. Если известно, что длина волны K_α -линии железа равна 193 пм, определите длину волны K_α -линии меди. Поправку σ в законе Мозли считать равной единице. [154 пм]

Вариант № 2

1. Возбужденный атом водорода при переходе в основное состояние испустил последовательно два кванта с длиной волны $40510 \text{ \AA}$ и $972,5 \text{ \AA}$. Определите энергию первоначального состояния данного атома и соответствующее ему квантовое число. $[-0,545 \text{ эВ}; 5]$
2. Сколько спектральных линий N будет испускать атомарный водород, который возбуждают на n -й энергетический уровень? $[N = n(n - 1)/2]$
3. Квант света с энергией $\varepsilon = 15 \text{ эВ}$ выбивает электрон из атома водорода, находящегося в нормальном состоянии. С какой скоростью будет двигаться электрон вдали от ядра? $[v = \sqrt{2(\varepsilon - \hbar R)/m} = 7 \cdot 10^5 \text{ м/с}]$
4. Определите длину волны $\lambda_{K\alpha}$ и энергию $\varepsilon_{K\alpha}$ фотона K_{α} -линии рентгеновского спектра, излучаемого вольфрамом ($\sigma = -2,1$) при бомбардировке его быстрыми электронами. $[20,9 \text{ пм}; 594 \text{ эВ}]$

Вариант № 3

1. Определите частоту ν света, излучаемого водородоподобным ионом при переходе электрона на уровень с главным квантовым числом n , если радиус орбиты изменился в k раз. [$\nu = (1 - k) R c Z^2 / n^2$]
2. Вычислите постоянную Ридберга R , если известно, что для ионов He^+ разность длин волн $\Delta\lambda$ между головными линиями серий Бальмера и Лаймана равна 133,4 нм? [$R = 176 \pi c / (15 Z^2 \Delta\lambda) = 2,07 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$]
3. С какой минимальной кинетической энергией должен двигаться атом водорода, чтобы при неупругом соударении с другим, покоящимся атомом водорода один из них оказался способным испустить фотон? Предполагается, что до соударения оба атома находятся в основном состоянии. [$T_{\min} = (3/2) \hbar R = 20,5 \text{ эВ}$]
4. Длина волны K_α -линии магния равна 9,87 Å. Вычислите поправку σ для этой линии. [0,9]

Вариант № 4

1. На атом водорода падает фотон и выбивает из атома электрон с кинетической энергией 4 эВ. Вычислите энергию падающего фотона, если атом находился в возбужденном состоянии с квантовым числом $n=2$. [7,39 эВ]
2. Длина волны головной линии серии Лаймана атома водорода равна 0,122 мкм. Найдите длину волны той же линии для иона He^+ . [0,0135 мкм]
3. Какие спектральные линии появятся в видимой области спектра при возбуждении атомов водорода электронами с энергией 12,8 эВ?
[656,3 нм; 486,1 нм]
4. В атоме вольфрама электрон переходит с M -слоя на L -слой. Считая, что постоянная экранирования $\sigma = 5,5$, определите длину волны фотона рентгеновского излучения.
[1,4 Å]

Вариант № 5

1. Какой длины волны спектральные линии появятся при возбуждении атомарного водорода электронами с энергией 12,5 эВ? [$1,214 \cdot 10^{-7}$ м; $1,024 \cdot 10^{-7}$ м; $6,556 \cdot 10^{-7}$ м]
2. Энергия связи электрона E_0 в атоме He ($Z = 2$) равна 24,6 эВ. Найдите энергию, необходимую для удаления обоих электронов из этого атома.

$$[E = E_0 + \hbar R Z^2 = 79 \text{ эВ}]$$

5. Электрон в атоме водорода может находиться на круговых орбитах радиусом $0,5 \cdot 10^{-8}$ м и $4,5 \cdot 10^{-8}$ м. Во сколько раз различаются угловые скорости электрона на этих орбитах? [9,54]
3. При исследовании линейчатого рентгеновского спектра некоторого элемента было найдено, что длина волны λ линии K_α равна 72 пм. Какой это элемент? Поправку σ в законе Мозли считать равной единице.

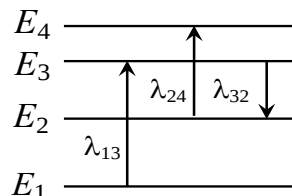
$$[\text{Молибден, } Z = 42]$$

Вариант № 6

1. Атом мюония состоит из неподвижного протона и отрицательно заряженного мюона, масса которого в 206 раз больше массы электрона, и зарядом, равным заряду электрона. Определите кинетическую энергию T мюона на орбите, самой близкой к протону.

$$[T = \frac{me^4}{32\pi^2\epsilon_0^2\hbar^2} = 2,79 \text{ кэВ}]$$

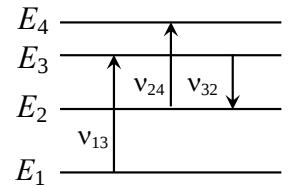
2. На рис. изображены несколько энергетических уровней атома и указаны длины волн для фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Минимальная длина световой волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна 200 нм. Какова величина λ_{23} , если $\lambda_{13} = 250$ нм, $\lambda_{24} = 400$ нм? [667 нм]



3. Квант света, возникающий при резонансном переходе в однократно ионизированном атоме гелия, вырывает фотоэлектрон из атома водорода, который находится в основном состоянии. Найдите скорость этого электрона вдали от ядра атома. [$v = 2\sqrt{\hbar R/m_e} = 3,1$ Мм/с]
4. Найдите длину волны K_α -линии титана. Поправку σ в законе Мозли считать равной единице. [274 пм]

Вариант № 7

1. На рис. изображены несколько энергетических уровней атома. Максимальная длина световой волны, испускаемой или поглощаемой атомом при всех возможных переходах между этими уровнями, равна 800 нм. Известно, что частоты переходов относятся друг к другу как $\nu_{13} : \nu_{24} : \nu_{32} = 9 : 7 : 4$. Какова длина волны фотона с частотой ν_{13} ? [267 нм]



2. Вычислите постоянную Ридберга R , если известно, что для ионов He^+ ($Z = 2$) разность длин волн между головными линиями серий Бальмера и Лаймана $\Delta\lambda = 133,7$ нм.
3. Определите скорость, которую приобрел покоившийся атом водорода в результате излучения фотона при переходе из первого возбужденного состояния в основное. На сколько процентов отличается энергия испущенного фотона от энергии данного перехода? [$v \approx 3\hbar R/(4Mc) = 3,25$ м/с; $\Delta\varepsilon/\varepsilon \approx 3\hbar R/(8Mc^2) = 5,5 \cdot 10^{-7}$ %, где M – масса атома]
4. Вычислите наибольшую длину волны $\lambda_{\max}$ в K -серии характеристического спектра скандия. Поправку σ в законе Мозли считать равной единице. [304 пм]

Вариант № 8

1. Найдите длину волны головной линии той спектральной серии ионов He^+ , у которой интервал частот между крайними линиями $\Delta\omega = 5,18 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.

$$[\lambda = (2\pi c / \Delta\omega) (Z\sqrt{R\Delta\omega} - 1) / (2Z(\sqrt{R\Delta\omega} - 1))] = 0,47 \text{ мкм}]$$

2. Частица массой m движется по круговой орбите в центрально-симметричном поле, где ее потенциальная энергия зависит от расстояния r от центра поля как $U = kr^2/2$, где k – постоянная. Найдите с помощью боровского условия квантования возможные радиусы орбит и значения полной энергии частицы в этом поле.

$$[r_n = \sqrt{n\hbar/(m\omega)}; E_n = n\hbar\omega, \text{ где } n = 1, 2, \dots, \omega = \sqrt{k/m}]$$

3. Вычислите скорость электронов, вырываемых светом с длиной волны $180 \text{ \AA}$ из ионов He^+ , находящихся в основном состоянии.

$$[v = \sqrt{2(hc/\lambda - Z^2 R\hbar)} / m = 2,3 \cdot 10^6 \text{ м/с}]$$

4. Определите энергию фотона, соответствующего линии K_α в характеристическом спектре марганца ($Z = 25$). Поправку σ в законе Мозли считать равной единице. [59 кэВ]

Вариант № 9

1. Атом позитрония образован электроном и позитроном (e^-/e^+), которые вращаются относительно общего центра масс. Найдите: а) расстояние r между частицами в основном состоянии; б) постоянную Ридберга R и длину волны λ резонансной линии (обусловлена переходом из первого возбужденного состояния в основное).

$$[а) r = \frac{8\pi\epsilon_0\hbar^2}{me^2} = 1,06 \cdot 10^{-10} \text{ м}; б) R = \frac{me^4}{64\pi^2\epsilon_0^2\hbar^3} = 1,03 \cdot 10^{16} \text{ рад/с}; [\lambda = \frac{312\pi^3\epsilon_0^2\hbar^3c}{3me^4} = 0,243 \text{ мкм}]$$

2. Однократно ионизированный атом гелия находится в основном состоянии. Определите, сможет ли квант света, соответствующий резонансному переходу в двукратно ионизированном атоме лития, вырвать электрон из данного иона гелия. [Сможет]
3. Будет ли атом водорода поглощать излучение с волновым числом $1/\lambda = 3R$? [Такое поглощение происходит]
4. В атоме вольфрама электрон перешел с M -слоя на L -слой. Принимая постоянную экранирования σ равной 5,5, определите длину волны испущенного фотона. [0,14 нм]

Вариант № 10

1. Определите длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой боровской орбиты на вторую. К какой серии относится эта линия?

[0,41 мкм; 4-я линия в серии Бальмера]

2. Определите плотность тока, соответствующего движению электрона по n -й орбите атома водорода. Радиус орбиты r . [$j = en\hbar/(mr)$]

3. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Найдите: а) скорость отдачи, которую получил атом массой m_0 ; б) отношение кинетической энергии T атома отдачи к энергии испущенного фотона $\hbar\omega$. [$v \approx 3\hbar R/(4m_0c) = 3,27$ м/с; $T/\hbar\omega = v/(2c) = 5,5 \cdot 10^{-9}$]

4. Сколько элементов содержится в ряду между теми элементами, у которых длина волны K_α -линий равна 193 пм и 154 пм?

[Два: $Z_1 = 27$ (Co); $Z_2 = 28$ (Ni)]