① یک لامپ ۱۰۰ واتی نوری باطول موج ۶۰۰nm از خود تابش می کند. این لامپ چند دقیقه باید روشن باشد تا ۲×۱۰^{۲۲} فوتون از آن گسیل شود؟ $(c = ۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}\ ,\ h = ۶\times۱۰^{-۳۴}J.s)$

۱) ۰/۵ **۲)** ۱ **۳)** ۲ **۴)** ۳

پاسخ: گزینه ۲

گزینه ۲

با توجه به انرژی هر فوتون، زمان لازم را به دست می آوریم. داریم:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{nhc}{\lambda t} \Rightarrow t = \frac{nhc}{\lambda P}$$

$$\Rightarrow t = \frac{۲\times۱۰^{۲۲}\times۶\times۱۰^{-۳۴}\times۳\times۱۰^{۸}}{۶۰۰\times۱۰^{-۹}\times۱۰۰} \Rightarrow t = ۶۰s = ۱min$$

② در طیف اتم هیدروژن، بیشینه بسامد خطوط در رشته براکت ($n' = ۴$)، چند برابر کمینه بسامد خطوط در رشته لیمان ($n' = ۱$) است؟

۱) $\frac{۱}{۱۲}$ **۲)** ۱۲ **۳)** $\frac{۴۰۰}{۹}$ **۴)** $\frac{۹}{۴۰۰}$

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

طبق رابطه $f = \frac{c}{\lambda}$، برای بیشینه‌شدن بسامد، باید λ کمینه و برای کمینه‌شدن بسامد، باید λ بیشینه باشد، بنابراین طبق معادله ریدبرگ داریم:

$$\frac{۱}{\lambda} = R(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}}) \xrightarrow{\lambda=\frac{c}{f}} f = Rc(\frac{۱}{n'^{۲}} - \frac{۱}{n^{۲}})$$

رشته براکت: $\begin{matrix} n' = ۴ \\ n = \infty \end{matrix} \Rightarrow f_{max} = Rc(\frac{۱}{۱۶}) = \frac{۱}{۱۶}Rc$

رشته لیمان: $\begin{matrix} n' = ۱ \\ n = ۲ \end{matrix} \Rightarrow f_{min} = Rc(۱ - \frac{۱}{۴}) = \frac{۳}{۴}Rc$

$$\Rightarrow \frac{f_{max}}{f_{min}} = \frac{\frac{۱}{۱۶}Rc}{\frac{۳}{۴}Rc} = \frac{۱}{۱۲}$$

③ اختلاف طول موج فوتون‌های A و B برابر ۳۰۰ nm است. اگر انرژی فوتون پرتو B، ۶ برابر انرژی فوتون پرتو A باشد، بسامد فوتون B چند Hz است؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

۱) $\frac{۱}{۱۲} \times ۱۰^{۱۵}$
۲) $\frac{۱}{۱۲} \times ۱۰^{۱۶}$
۳) ۵×۱۰^{۱۴}
۴) ۵×۱۰^{۱۵}

پاسخ: گزینه ۴

انرژی پرتو B بیش‌تر از انرژی پرتو A است؛ بنابراین طول موج پرتو B کم‌تر از طول موج پرتو A است. پس داریم:

$$\lambda_A - \lambda_B = ۳۰۰nm = ۳ \times ۱۰^{-۷} m \Rightarrow \lambda_A = \lambda_B + ۳ \times ۱۰^{-۷} m$$

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda} \rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B} \rightarrow ۶ = \frac{\lambda_B + ۳ \times ۱۰^{-۷}}{\lambda_B}$$

$$۶\lambda_B = \lambda_B + ۳ \times ۱۰^{-۷} \rightarrow ۵\lambda_B = ۳ \times ۱۰^{-۷} \rightarrow \lambda_B = ۶ \times ۱۰^{-۸} m$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f_B = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۶ \times ۱۰^{-۸}} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^{۱۶} Hz = ۵ \times ۱۰^{۱۵} Hz$$

④ اگر توان یک لامپ ۶۰ میلی‌وات و طول‌موج نور خروجی لامپ ۶۰۰ نانومتر باشد، در هر ثانیه چند فوتون از این لامپ گسیل می‌شود؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C , h = ۴ \times ۱۰^{-۱۵} eV.s , c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s})$

۱) $۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۲۰}$
۲) $۱/۵۶۲۵ \times ۱۰^{۲۰}$
۳) $۱/۵۶۲۵ \times ۱۰^{۱۷}$
۴) $۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۱۷}$

پاسخ: گزینه ۴

$$E_{out} = nhf = nh\frac{c}{\lambda} \Rightarrow ۶۰ \times ۱۰^{-۳} \times ۱ = n \times ۴ \times ۱۰^{-۱۵} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$$

$$n = ۱/۸۷۵ \times ۱۰^{۱۷} \Rightarrow \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۶۰۰ \times ۱۰^{-۹}} \times \text{فوتون}$$

⑤ یک سلول خورشیدی به ابعاد $۷۵cm \times ۷۵cm$، در یک روز ابری شدت تابشی $۱۰۰ \frac{W}{m^۲}$ را از خورشید دریافت می‌کند. اگر طول‌موج متوسط فوتون‌ها $۴۹۶ nm$ باشد، در این صورت تعداد تقریبی فوتون‌های دریافتی در مدت نصف شبانه‌روز مطابق با کدام گزینه است؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C \text{ و } hc = ۱۲۴۰eV.nm)$

۱) ۶×۱۰^{۲۵}
۲) $۱/۶ \times ۱۰^{۱۹}$
۳) ۶×۱۰^{۲۴}
۴) $۱/۶ \times ۱۰^{۱۸}$

پاسخ: گزینه ۳

ابتدا توان ورودی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{P}{\frac{۳}{۴} \times \frac{۳}{۴}} = ۱۰۰ \Rightarrow P = ۱۰۰ \times (\frac{۹}{۱۶}) = ۵۶/۲۵ W$$

انرژی دریافتی:

$$E_{کل} = P . \Delta t = ۵۶/۲۵ \times (۱۲ \times ۶۰ \times ۶۰)$$

$$\Rightarrow E_{کل} = ۲/۴۳ \times ۱۰^{۶} J \simeq ۱/۵ \times ۱۰^{۲۵} eV$$

$$E_{فوتون} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{۱۲۴۰}{۴۹۶} = ۲/۵ev$$

$$\text{فوتون} \quad n = \frac{E_{کل}}{E_{فوتون}} = \frac{۱/۵ \times ۱۰^{۲۵}}{۲/۵} = ۰/۶ \times ۱۰^{۲۵} = ۶ \times ۱۰^{۲۴}$$

⑥ در اتم هیدروژن اگر الکترونی از تراز دارای انرژی $-۰/۵۴۴\,eV$ به تراز پایه جهش کند، به‌ترتیب از راست به چپ طول‌موج فوتون گسیلی تقریباً چند nmاست و شعاع مدار الکترون چند برابر می‌شود؟ ($hc = ۱۲۰۰\,eV.nm$ و $E_R = ۱۳/۶\,eV$)

۱) $۱۲۵ , \frac{۱}{۵}$ ۲) $۹۲ , \frac{۱}{۵}$ ۳) $۱۲۵ , \frac{۱}{۲۵}$ ۴) $۹۲ , \frac{۱}{۲۵}$

پاسخ: گزینه ۴

گزینهٔ «۴»

طبق رابطه گسیل فوتون از اتم داریم:

$$E_U - E_L = hf = \frac{hc}{\lambda} \xrightarrow{E_L=-۱۳/۶eV} -۰/۵۴۴ - (-۱۳/۶) = \frac{۱۲۰۰}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda \simeq ۹۲nm$$

از طرفی رابطه ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن برابر است با:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^۲} \Rightarrow -۰/۵۴۴ = \frac{-۱۳/۶}{n^۲} \Rightarrow n^۲ = ۲۵$$

شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن برابر است با:

$$r_n = a_۰ n^۲$$

$$\Rightarrow \frac{r_۱}{r_۵} = \frac{a_۰}{۲۵a_۰} = \frac{۱}{۲۵}$$

⑦ نور تک‌فامی را به سطح یک فلز می‌تابانیم و پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ می‌دهد. در این صورت چند مورد از گزاره‌های زیر صحیح است؟

الف) اگر با ثابت ماندن بسامد، شدت نور پرتو فرودی را افزایش دهیم، انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.

ب) اگر با ثابت ماندن شدت نور، بسامد نور فرودی را افزایش دهیم تعداد فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد.

پ) چنان‌چه از یک نور تک‌فام با طول‌موج کوتاه‌تر استفاده کنیم، پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ: گزینه ۱

گزینهٔ «۱»

بررسی تک تک گزاره‌ها

الف) نادرست است. زیرا انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها تنها بستگی به بسامد نور فرودی دارد و افزایش شدت پرتو تابیده شده باعث افزایش تعداد فوتوالکترون‌ها می‌شود و انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها تغییری نمی‌کند.

ب) نادرست است. با توجه به توضیحات بالا با ثابت ماندن شدت نور و افزایش بسامد، انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش می‌یابد، اما تعداد فوتوالکترون‌ها تغییری نمی‌کند.

پ) نادرست است. زیرا با کاهش طول‌موج نور فرودی، بسامد افزایش می‌یابد و با افزایش بسامد چون ابتدا پدیدهٔ فوتوالکتریک رخ داده است، پس الزاماً دوباره نیز پدیدهٔ فوتو الکتریک رخ می‌دهد.

⑧ اگر نسبت کوتاه‌ترین طول‌موج رشته لیمان ($n'=1$) به کوتاه‌ترین طول‌موج رشته پفوند ($n'=5$) برابر با p، هم‌چنین نسبت کوتاه‌ترین طول‌موج رشته بالمر ($n'=2$) به کوتاه‌ترین طول‌موج رشته براکت ($n'=4$) برابر با q باشد، در این صورت حاصل $\frac{p}{q}$ کدام است؟

۱) $\frac{25}{16}$ ۲) $\frac{25}{4}$ ۳) $\frac{1}{100}$ ۴) $\frac{4}{25}$

پاسخ: گزینه ۴

کوتاه‌ترین طول‌موج اتم هیدروژن برای هر رشته خطی طیف گسیلی تراز n' زمانی اتفاق می‌افتد که $n = \infty$ درنظر گرفته شود. با استفاده از معادله ریدبرگ داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{min}} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{\infty}) \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{n'^2}{R}$$

$$\frac{p}{q} = \frac{\frac{1^2}{5^2}}{\frac{2^2}{4^2}} = \frac{\frac{1}{25}}{\frac{4}{16}} = \frac{4}{25}$$

⑨ بسامد دومین خط رشته لیمان ($n'=1$) در طیف اتم هیدروژن چند هرتز است؟ ($c = 3\times10^8 \frac{m}{s}$ و $R = 10^{-2}\,(nm)^{-1}$)

۱) $\frac{9}{4}\times10^{15}$ ۲) $\frac{8}{3}\times10^{15}$
۳) $\frac{9}{4}\times10^{16}$ ۴) $\frac{8}{3}\times10^{16}$

پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

در رشته لیمان $n'=1$ و دومین خط رشته مربوط به $n = 3$ است.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = 0/01\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2}\right) = 0/01\times\left(1 - \frac{1}{9}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{100}\times\frac{8}{9} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{900}{8}nm$$

$$f_2 = \frac{c}{\lambda_2} = \frac{3\times10^8}{\frac{900}{8}\times10^{-9}} = \frac{8}{3}\times10^{15}Hz$$

⑩ الکترون در اتم هیدروژن در تراز $n = 3$ است، اگر الکترون به مداری برود که شعاع آن $\frac{1}{9}$ شعاع مدار اولیه است، طول‌موج تابش شده چند نانومتر است؟ ($R = 0/01\frac{1}{nm}$)

۱) ۲۲۵ ۲) ۷۲۰ ۳) ۹۰۰ ۴) ۱۱۲/۵

پاسخ: گزینه ۴

شعاع مدار الکترون از رابطه $r_n = a_0 n^2$ به‌دست می‌آید، بنابراین شعاع مدار ثانویه برابر است با: $\frac{r_2}{r_1} = \frac{a_0 n_2^2}{a_0 n_1^2} \Rightarrow \frac{1}{9} = \frac{n_2^2}{9} \Rightarrow n_2 = 1$

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) \xrightarrow[n'=1]{n=3} \frac{1}{\lambda} = 0/01(\frac{1}{1} - \frac{1}{9})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{8}{900} \Rightarrow \lambda = \frac{900}{8} = 112/5nm$$

⑪ الکترونی در چهارمین مدار برانگیخته یک اتم هیدروژن قرار دارد. کدام‌یک از خط‌های طیفی زیر نمی‌تواند توسط گذارهای این الکترون گسیل شود؟

۱) دومین خط طیفی رشته پاشن ($n' = ۳$)
۲) سومین خط طیفی رشته لیمان ($n' = ۱$)
۳) سومین خط طیفی رشته بالمر ($n' = ۲$)
۴) سومین خط طیفی رشته پاشن ($n' = ۳$)

پاسخ: گزینه ۴

گزینه «۴»

زمانی‌که الکترون در چهارمین مدار برانگیخته قرار دارد، یعنی $n = ۵$ است.

وقتی الکترون از حالت برانگیخته اولیه به تراز $n = ۳$ (رشته پاشن) می‌رود، دومین خط طیفی رشته پاشن گسیل می‌شود. (درستی گزینه «۱»)

وقتی الکترون از تراز $n = ۵$ به تراز $n' = ۴$ و سپس به تراز $n' = ۱$ (رشته لیمان) می‌رود، سومین خط طیفی رشته لیمان گسیل می‌شود. (درستی گزینه «۲»)

وقتی الکترون از تراز $n = ۵$ به تراز $n' = ۲$ (رشته بالمر) می‌رود، سومین خط طیفی رشته بالمر گسیل می‌شود. (درستی گزینه «۳»)

برای تابش سومین خط طیفی رشته پاشن ($n' = ۳$)، باید الکترون از تراز $n = ۶$ به تراز $n' = ۳$ برود که برای این الکترون امکان ندارد.

⑫ اختلاف انرژی دو تراز مربوط به چهارمین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته بالمر($n' = ۲$)تقریباً چند الکترون ولت است؟

$(E_R = ۱۳/۶eV)$

۱) ۱۳/۶ **۲)** ۱۳/۲۲ **۳)** ۱/۸۹ **۴)** ۳/۰۲

پاسخ: گزینه ۴

گزینه (۴)

چهارمین خط طیفی اتم هیدروژن در رشته بالمر ($n' = ۲$)مربوط به گذار الکترون از تراز ($n = ۶$)به ($n' = ۲$) است:

$$\Delta E = E_n - E_{n'} \xrightarrow[n'=۲\,,\,n=۶]{E_n = -\frac{E_R}{n^۲}}$$

$$\Delta E = -\frac{E_R}{۳۶} + \frac{E_R}{۴} = \frac{۲}{۹} \times ۱۳/۶ \simeq ۳/۰۲eV$$

(۱۳) در اتم هیدروژن، اگر اختلاف انرژی الکترون بین ترازهای ۱ و ۲ برابر ΔE و بین ترازهای ۱ و ۵ برابر $\Delta E'$ باشد، $\Delta E'-\Delta E$ چند ریدبرگ است؟

۱) ۰/۲۹ ۲) ۰/۲۱ ۳) ۰/۵۸ ۴) ۰/۴۳

پاسخ: گزینه ۲

گزینه (۲)

می‌دانیم که اختلاف انرژی بین ترازها را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$\Delta E(۵ \rightarrow ۱) = \Delta E_{(۵\rightarrow ۲)} + \Delta E_{(۲\rightarrow ۱)}$$

$$\Delta E' = \Delta E_{(۵\rightarrow ۲)} + \Delta E$$

$$\Delta E'-\Delta E = \Delta E_{(۵\rightarrow ۲)}$$

$$\Delta E_{(۵\rightarrow ۲)} = E_۵ - E_۲ \xrightarrow{E_n=\frac{-E_R}{n^۲}} \frac{-E_R}{۲۵} - \frac{-E_R}{۴} = \frac{۲۱}{۱۰۰}E_R$$

$$\Delta E_{(۵\rightarrow ۲)} = ۰/۲۱ E_R$$

با توجه به این‌که E_R یک ریدبرگ نام دارد، پس ریدبرگ $\Delta E'-\Delta E = ۰/۲۱$ است.

(۱۴) اگر الکترون در اتم هیدروژن روی تراز $n = ۴$ باشد، پرانرژی‌ترین فوتونی که می‌تواند تابش کند چند ریدبرگ است؟

۱) $\frac{۱}{۱۶}$ ۲) $\frac{۷}{۱۶}$ ۳) $\frac{۹}{۲۵}$ ۴) $\frac{۱۵}{۱۶}$

پاسخ: گزینه ۴

گزینه «۴»

برای تابش فوتون، الکترون باید از تراز $n = ۴$ به تراز پایین‌تر برود؛ بدیهی است که پرانرژی‌ترین فوتون در دورترین گذار رخ می‌دهد، یعنی $n' = ۱$، بنابراین داریم:

$$\Delta E = hf = E_U - E_L = -E_R(\frac{۱}{n_U^۲} - \frac{۱}{n_L^۲})$$

$$\xrightarrow[n_U=۴]{n_L=n'=۱} \triangle E = hf = -E_R(\frac{۱}{۱۶} - \frac{۱}{۱}) \Rightarrow \triangle Ef = \frac{۱۵}{۱۶}E_R$$

$\Rightarrow \Delta E = \frac{۱۵}{۱۶}$ ریدبرگ

(۱۵) توان مصرفی لیزری ۱۰۰ وات و بازده آن یک‌صدم درصد است. اگر طول‌موج نور این لیزر $۱۳۲۰\mathring{A}$ باشد، در هر دقیقه چند فوتون از آن گسیل می‌شود؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s} , h = ۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴} J.s)$

۱) ۴×۱۰^{۱۹} ۲) ۴×۱۰^{۱۷} ۳) ۲×۱۰^{۱۹} ۴) ۲×۱۰^{۱۷}

پاسخ: گزینه ۲

انرژی مفید در مدت یک دقیقه $= ۱۰۰ \times ۶۰ \times ۱۰^{-۴} = ۶ \times ۱۰^{-۱}$ J

انرژی هر فوتون $E = hf = h\frac{c}{\lambda}$

$$\Rightarrow E = ۶/۶ \times ۱۰^{-۳۴} \times \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۱۳۲۰ \times ۱۰^{-۱۰}} = ۱/۵ \times ۱۰^{-۱۸} \text{ J}$$

فوتون $n = \frac{۶ \times ۱۰^{-۱}}{۱/۵ \times ۱۰^{-۱۸}} = ۴ \times ۱۰^{۱۷}$

(۱۶) چند مورد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) هر نوکلئون تنها به نوکلئون‌های مجاور خود نیروی هسته‌ای وارد می‌کند.

ب) هر نوکلئون به تمام نوکلئون‌های هسته نیروی الکتریکی وارد می‌کند.

پ) در هسته‌های پایدار با افزایش تعداد پروتون‌های هسته نسبت $\frac{Z}{N}$ افزایش می‌یابد.

ت) جرم هسته برانگیخته کم‌تر از هسته در حالت پایه است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۳

گزینه‌ی «۳»

بررسی عبارت‌های نادرست:

ب) چون نوکلئون‌ها شامل نوترون‌ها نیز می‌شوند و از طرفی نوترون‌ها از لحاظ الکتریکی خنثی هستند. بنابراین نمی‌توانند به نوکلئون‌های دیگر نیروی الکتریکی وارد کنند.

پ) با افزایش تعداد پروتون نسبت $\frac{Z}{N}$ کاهش می‌یابد.

ت) جرم هسته در حالت برانگیخته برابر با جرم هسته در حالت پایه است.

⑰ با توجه به جدول زیر اگر در اتم هیدروژن کوتاه‌ترین طول موج ناحیهٔ فروسرخ λ_1 و کوتاه‌ترین طول‌موج ناحیهٔ فرابنفش λ_2 باشد، حاصل $(\lambda_1 - \lambda_2)$ چند نانومتر است؟ $(R = ۰/۰۱(nm)^{-1})$

لیمان	$n' = ۱$
بالمر	$n' = ۲$
پاشن	$n' = ۳$
براکت	$n' = ۴$
پفوند	$n' = ۵$

۱) ۵۰۰

۲) ۸۰۰

۳) ۲۱۰۰

۴) ۲۴۰۰

پاسخ: گزینه ۲

گزینهٔ «۲»

خطوط رشتهٔ لیمان در محدودهٔ فرابنفش و خطوط رشتهٔ بالمر در محدودهٔ فرابنفش و مرئی است. هر چه فاصلهٔ دو تراز انرژی بیش‌تر باشد طول‌موج گسیلی کوتاه‌تر است. بنابراین کوتاه‌ترین طول‌موج فرابنفش در اتم هیدروژن مربوط به گذار الکترون از تراز $n = \infty$ به تراز $n' = ۱$ است. کوتاه‌ترین طول موج در هر رشته مربوط به حالتی است که الکترون از تراز $n = \infty$ به تراز n' مربوط به آن رشته جابه‌جا شود. خطوط رشته‌های پاشن، براکت و پفوند در محدودهٔ فروسرخ هستند بنابراین کوتاه‌ترین طول‌موج مربوط به رشتهٔ پاشن است. کوتاه‌ترین طول موج فروسرخ $\Rightarrow (n' = ۳ \ , \ n = \infty)$

$$\frac{۱}{\lambda_۱} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) \Rightarrow \frac{۱}{\lambda_۱} = R(\frac{۱}{۳^۲} - \frac{۱}{\infty^۲})$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{\lambda_۱} = \frac{R}{۹} \Rightarrow \lambda_۱ = \frac{۹}{R} = \frac{۹}{۰/۰۱} \Rightarrow \lambda_۱ = ۹۰۰nm$$

کوتاه‌ترین طول موج فرابنفش $\Rightarrow (n' = ۱ \ , \ n = \infty)$

$$\frac{۱}{\lambda_۲} = R(\frac{۱}{n'^۲} - \frac{۱}{n^۲}) \Rightarrow \frac{۱}{\lambda_۲} = R(\frac{۱}{۱^۲} - \frac{۱}{\infty^۲})$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{\lambda_۲} = R \Rightarrow \lambda_۲ = \frac{۱}{R} = \frac{۱}{۰/۰۱} \Rightarrow \lambda_۲ = ۱۰۰nm$$

$$\lambda_۱ - \lambda_۲ = ۹۰۰ - ۱۰۰ = ۸۰۰nm$$

---

⑱ در واکنش هسته‌ای مقابل تعداد نوترون‌های هستهٔ Y کدام است؟ $^{۲۴۰}_{۹۰}X \rightarrow {}^{n}_{۷۸}Y + m\alpha$

۱) ۱۴۰ **۲)** ۱۳۸ **۳)** ۲۱۸ **۴)** ۲۱۶

پاسخ: گزینه ۲

گزینهٔ «۲»

ذرهٔ آلفا همان هسته هلیم دو بار مثبت است. با موازنه اعداد جرمی و اتمی در دو طرف واکنش داریم:

$$۷۸ = ۹۰ - ۲m \Rightarrow m = \frac{۱۲}{۲} = ۶$$

$$n = ۲۴۰ - ۴ \times ۶ \Rightarrow n = ۲۱۶$$

$$N = A - Z \xrightarrow{A=۲۱۶,Z=۷۸} N = ۲۱۶ - ۷۸ = ۱۳۸$$

(۱۹) در اتم هیدروژن، الکترون از تراز n به تراز n' می‌رود و فوتونی با انرژی $2/52\,eV$ گسیل می‌شود. اگر طول موج این فوتون در محدوده نور مرئی باشد، n کدام است؟ $(R = 0/01(nm)^{-1}\ ,\ hc = 1200eV.s)$

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۶

پاسخ: گزینه ۳

گزینه «۳»

با توجه به رابطه انرژی فوتون داریم:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$2/52 = \frac{1200}{\lambda} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 21 \times 10^{-4}\ \frac{1}{m}$$

از معادله ریدبرگ می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$$

چون فوتون گسیل شده در محدوده نور مرئی قرار دارد پس داریم: $(n' = 2)$

$$21 \times 10^{-4} = 10^{-2}(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2})$$

$$\frac{1}{n^2} = \frac{1}{4} - 0/21 = 0/25 - 0/21 = 0/04$$

$$\Rightarrow n^2 = 25 \Rightarrow n = 5$$

(۲۰) در اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول‌موج رشته بالمر $(n' = 2)$، ..... نانومتر از بلندترین طول‌موج رشته لیمان $(n' = 1)$ ..... است. $\left(R = 0/01(nm)^{-1}\right)$

۱) $\frac{800}{3}$، بلندتر ۲) $\frac{400}{3}$، بلندتر
۳) $\frac{800}{3}$، کوتاه‌تر ۴) $\frac{400}{3}$، کوتاه‌تر

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

می‌دانیم در هر رشته، کوتاه‌ترین طول‌موج به ازای $n = \infty$ و بلندترین طول‌موج به ازای $n = n'+1$ به‌دست می‌آید.

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

کوتاه ترین طول موج رشته بالمر : $\frac{1}{(\lambda_{min})_{\text{بالمر}}} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty}\right) = \frac{R}{4}$

$$\Rightarrow (\lambda_{min})_{\text{بالمر}} = \frac{4}{R} = 400nm$$

بلندترین طول‌موج رشته لیمان : $\frac{1}{(\lambda_{max})_{\text{لیمان}}} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = R\left(\frac{3}{4}\right)$

$$\Rightarrow (\lambda_{max})_{\text{لیمان}} = \frac{4}{3R} = \frac{400}{3}nm$$

دقت کنید که کوتاه‌ترین طول‌موج سری بالمر از بلندترین طول‌موج سری لیمان، بلندتر است، یعنی گزینه‌های (۳) و (۴) رد می‌شوند، بنابراین:

$$(\lambda_{min})_{\text{بالمر}} - (\lambda_{max})_{\text{لیمان}} = 400 - \frac{400}{3} = \frac{800}{3}nm$$

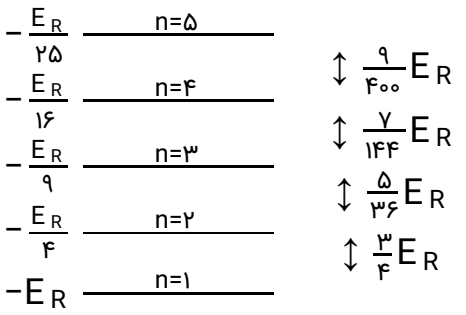
(۲۱) در یک اتم هیدروژن، الکترون در تراز $n = ۳$ قرار دارد. اگر فوتونی با انرژی $\frac{۵}{۳۶}E_R$ به این اتم بتابانیم، چه اتفاقی ممکن است رخ دهد؟ (E_R = یک ریدبرگ)

۱) فوتون ورودی با اتم برانگیخته نمی‌تواند برهم‌کنشی داشته باشد.
۲) الکترون با جذب فوتون ورودی به تراز $n = ۴$ می‌رود.
۳) الکترون با جذب فوتون ورودی به تراز $n = ۵$ می‌رود.
۴) الکترون با گسیل القایی به تراز $n = ۲$ می‌رود.

پاسخ: گزینه ۴

گزینهٔ «۴»

انرژی ترازهای الکترون در اتم هیدروژن $\left(E_n = -\frac{E_R}{n^۲}\right)$ و اختلاف انرژی آن‌ها در شکل زیر مشخص شده است.



چون الکترون ابتدا در تراز $n = ۳$ قرار دارد و انرژی فوتون تابشی برابر با اختلاف انرژی ترازهای $n = ۳$ و $n = ۲$ است، بنابراین الکترون با گسیل القایی به تراز $n = ۲$ می‌رود.

(۲۲) الکترونی در پنجمین حالت برانگیخته اتم هیدروژن قرار دارد. نسبت کوتاه‌ترین طول موج جذبی توسط الکترون به بلندترین طول موج گسیلی آن در این حالت کدام است؟

۱) $\frac{۱۱}{۲۵}$ **۲)** $\frac{۲۵}{۱۱}$ **۳)** $\frac{۱۶}{۹}$ **۴)** $\frac{۹}{۱۶}$

پاسخ: گزینه ۱

گزینه‌ی «۱»

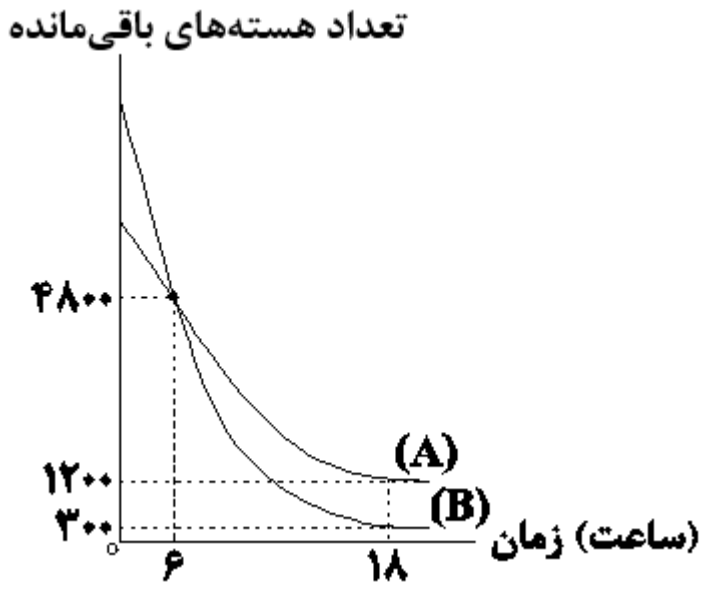
الکترون در پنجمین حالت برانگیخته در تراز $n = ۶$ قرار دارد. الکترون با جذب فوتون به ترازهای بالاتر می‌رود. بنابراین کوتاه‌ترین طول موج جذبی آن مربوط به گذار الکترون از تراز $n = ۶$ به تراز $n' = \infty$ است و بلندترین طول موج گسیلی مربوط به گذار الکترون از تراز $n = ۶$ به تراز $n' = ۵$ است. با توجه به رابطه ریدبرگ داریم:

$$(I) \quad \frac{۱}{\lambda_{\text{جذبی}}} = R\left(\frac{۱}{۶^۲} - \frac{۱}{\infty^۲}\right) \Rightarrow \lambda_{\text{جذبی}} = \frac{۳۶}{R}$$

$$(II) \quad \frac{۱}{\lambda_{\text{گسیلی}}} = R\left(\frac{۱}{۵^۲} - \frac{۱}{۶^۲}\right) \Rightarrow \lambda_{\text{گسیلی}} = \frac{۹۰۰}{۱۱R}$$

$$(I),(II) \Rightarrow \frac{\lambda_{\text{جذبی}}}{\lambda_{\text{گسیلی}}} = \frac{\frac{۳۶}{R}}{\frac{۹۰۰}{۱۱R}} = \frac{۱۱}{۲۵}$$

(۲۳) نمودار تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده برای دو ماده پرتوزای A و B برحسب زمان به‌صورت شکل زیر است. نیمه‌عمر ماده A چند برابر نیمه‌عمر ماده B است؟



۱) ۲

۲) $\frac{۴}{۳}$

۳) $\frac{۳}{۴}$

۴) $\frac{۱}{۲}$

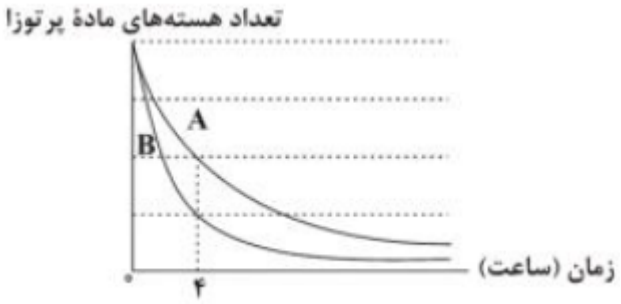
پاسخ: گزینه ۱

$$\frac{۱۲۰۰}{۴۸۰۰} = \frac{۱}{۲^{n_A}} \Rightarrow n_A = ۲ \xrightarrow[t=۱۲h]{n_A=\frac{t}{(T_{\frac{۱}{۲}})_A}} (T_{\frac{۱}{۲}})_A = ۶h \quad (۱)$$

$$\frac{۳۰۰}{۴۸۰۰} = \frac{۱}{۲^{n_B}} \Rightarrow n_B = ۴ \xrightarrow[t=۱۲h]{n_B=\frac{t}{(T_{\frac{۱}{۲}})_B}} (T_{\frac{۱}{۲}})B = ۳h \quad (۲)$$

$$(۱), (۲) \Rightarrow \frac{(T_{\frac{۱}{۲}})_A}{(T_{\frac{۱}{۲}})_B} = ۲$$

(۲۴) شکل زیر نمودار تغییرات تعداد هسته‌های ماده پرتوزای دو عنصر A و B را نشان می‌دهد، پس از گذشت ۸ ساعت از فروپاشی دو هسته نسبت تعداد هسته‌های فروپاشی شده عنصر A به هسته‌های فروپاشی شده عنصر B کدام است؟



۱) $\frac{۴}{۵}$
۲) ۲
۳) $\frac{۳}{۱۴}$
۴) $\frac{۶}{۷}$

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

ابتدا با توجه به نمودار نیمه‌عمرAوBرا به‌دست می‌آوریم:

$$\text{باقی‌مانده } N = \frac{N_۰}{۲^n} \begin{cases} \xrightarrow[n_A=\frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}}]{t=۴h,(\frac{\text{باقیمانده } N}{N_۰})_A=\frac{۱}{۲}} \frac{۱}{۲}=\frac{۱}{۲^{\frac{۴}{T_{\frac{۱}{۲}}}}} \\ \Rightarrow T_{\frac{۱}{۲}}=۴h \\ \xrightarrow[n_B=\frac{t}{T'_{\frac{۱}{۲}}}]{t=۴h,(\frac{\text{باقیمانده } N}{N_۰})_B=\frac{۱}{۴}} \frac{۱}{۴}=\frac{۱}{۲^{(\frac{۴}{T'_{\frac{۱}{۲}}})}} \\ \Rightarrow T'_{\frac{۱}{۲}}=۲h \end{cases}$$

$$\text{واپاشی } N = N_۰ - \frac{N_۰}{۲^n} \begin{cases} \xrightarrow[T_{\frac{۱}{۲}}=۴h]{t=۸h\ ,\ n=\frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}}} (\text{واپاشی } N)_A \\ = N_۰(۱-\frac{۱}{۲^۲})=\frac{۳}{۴}N_۰(I) \\ \xrightarrow[T'_{\frac{۱}{۲}}=۲h]{t=۸h\ ,\ n=\frac{t}{T'_{\frac{۱}{۲}}}} (\text{واپاشی } N)_B \\ = N_۰(۱-\frac{۱}{۲^۴})=\frac{۱۵}{۱۶}N_۰\ (II) \end{cases}$$

$$I \text{ و } II \Rightarrow \frac{(\text{واپاشی } N)_A}{(\text{واپاشی } N)_B}=\frac{\frac{۳}{۴}N_۰}{\frac{۱۵}{۱۶}N_۰}=\frac{۴}{۵}$$

(۲۵) نیمه‌عمر ماده A، ۲ برابر نیمه‌عمر ماده B است و تعداد ذرات اولیه ماده A، $\frac{۱}{۴}$ تعداد ذرات اولیه ماده B است. اگر بعد از مدت زمان t از آغاز واپاشی دو ماده، تعداد ذره‌های واپاشی شده ماده A، سه برابر تعداد ذرات باقیمانده B باشد، در این مدت چند درصد از ماده B واپاشی شده است؟

۱) ۶/۲۵ ۲) ۲۵ ۳) ۹۳/۷۵ ۴) ۷۵

پاسخ: گزینه ۳

$$\left.\begin{array}{l} N_A = \dfrac{N_{\circ A}}{(\frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}})} \\ N_B = \dfrac{N_{\circ B}}{(\frac{t}{T'_{\frac{۱}{۲}}})} \end{array}\right\} \Rightarrow (۱)\ N_{\circ A} = N'_A \left(\text{تعداد ذرات واپاشی شده}\right) - \frac{۱}{(\frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}})}$$

$$\xrightarrow{T_{\frac{۱}{۲}} = ۲T'_{\frac{۱}{۲}},\ N'_A = ۳N_B,\ N_{\circ A} = \frac{۱}{۴}N_{\circ B}}$$

$$\frac{۱}{۴}N_{\circ B}\left(۱ - \frac{۱}{(\frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}})}\right) = ۳\frac{N_{\circ B}}{(\frac{۲t}{T_{\frac{۱}{۲}}})} \xrightarrow{۲^{(\frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}})} = x} \frac{۱}{۴}\left(۱ - \frac{۱}{x}\right) = \frac{۳}{x^۲}$$

$$۱۲ = x^۲ - x \Rightarrow x^۲ - x - ۱۲ = ۰ \Rightarrow (x - ۴)(x + ۳) = ۰$$

$$\begin{cases} x = ۴ \xrightarrow{x = ۲^{(\frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}})}} \frac{t}{T_{\frac{۱}{۲}}} = ۲ \Rightarrow t = ۲T_{\frac{۱}{۲}} \\ x = -۳ \text{ غ ق ق} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{N_B}{N_{\circ B}} = \frac{۱}{\frac{۲t}{T_{\frac{۱}{۲}}}} = \frac{۱}{۱۶}$$

درصد واپاشی شده= $\left(۱ - \frac{۱}{۱۶}\right) \times ۱۰۰ = ۹۳/۷۵$

(۲۶) نیمه‌عمر یک ماده رادیواکتیو برابر با ۸ ساعت است. چند ساعت زمان باید بگذرد تا مقدار ماده واپاشیده شده ۱۵ برابر ماده فعال شود؟

۱) ۸ ۲) ۳۲ ۳) ۴۰ ۴) ۶۴

پاسخ: گزینه ۲

در بحث نیمه‌عمر داریم:

$m = \frac{m_0}{2^n}, n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}$ جرم باقی‌مانده

$m' = m_0 \left(1 - \frac{1}{2^n}\right)$ مقدار جرم واپاشیده شده

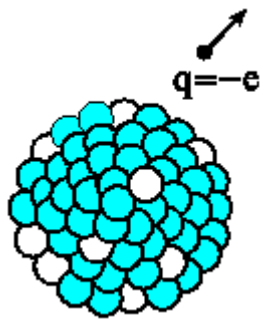
$$\begin{cases} T_{\frac{1}{2}} = 8\,h \\ t = ? \\ m' = 15\,m \end{cases}$$

$$15\,m = m_0\left(1 - \frac{1}{2^n}\right) \Rightarrow 15\left(\frac{m_0}{2^n}\right) = m_0\left(1 - \frac{1}{2^n}\right)$$

$$\frac{15}{2^n} = 1 - \frac{1}{2^n} \Rightarrow \frac{15}{2^n} + \frac{1}{2^n} = 1 \Rightarrow \frac{16}{2^n} = 1 \Rightarrow 2^n = 16 \Rightarrow n = 4$$

$$n = \frac{t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 4 = \frac{t}{8} \Rightarrow t = 32\,h$$

(۲۷) در واپاشی مطابق شکل زیر، تعداد پروتون های هسته ..... و تعداد نوترون های آن .....



۱) یک واحد افزایش می یابد- یک واحد کاهش می یابد.
۲) یک واحد کاهش می یابد- یک واحد افزایش می یابد.
۳) یک واحد افزایش می یابد- ثابت می ماند.
۴) یک واحد کاهش می یابد- ثابت می ماند.

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

مطابق شکل داده شده، در این واپاشی یک الکترون گسیل شده است، بنابراین این واپاشی، از نوع بتای منفی می‌باشد. واپاشی β^- وقتی رخ می‌دهد که نوترونی در یک هسته مادر ناپایدار به پروتون و الکترون تبدیل شود؛ یعنی تعداد پروتون‌های هسته یک واحد افزایش و از نوترون‌های آن یک واحد کم می‌شود. معادله این واپاشی به صورت زیر است:

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e^-$$

(۲۸) نیمه‌عمر یک ماده پرتوزا t ثانیه است. پس از ۳t ثانیه، نسبت جرم واپاشیده به جرم باقی‌مانده از همان ماده کدام است؟

۱) ۷ ۲) $\frac{۱}{۷}$ ۳) $\frac{۱}{۸}$ ۴) $\frac{۷}{۸}$

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

برای تعیین نسبت جرم واپاشیده به جرم باقی‌مانده، باید جرم باقی‌مانده را تعیین کرده و جرم واپاشیده برابر با تفاضل جرم باقی‌مانده از جرم اولیه است. به این منظور ابتدا تعداد نیمه‌عمر و سپس از رابطه $m = \frac{m_۰}{۲^n}$، جرم باقی‌مانده را محاسبه می‌کنیم. از آن‌جایی که مدت زمان کل ۳ برابر نیمه‌عمر است، پس:

$m_۰ \rightarrow \frac{m_۰}{۲} \rightarrow \frac{m_۰}{۴} \rightarrow \frac{m_۰}{۸}$ (جرم باقی‌مانده)

جرم متلاشی شده $= m_۰ - \frac{m_۰}{۸} \Rightarrow$

جرم متلاشی شده $= \frac{۷}{۸} m_۰$

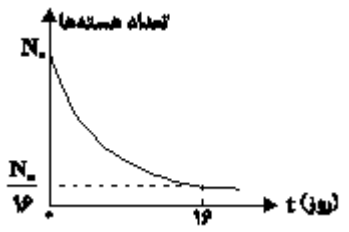
بنابراین جرم واپاشیده شده، ۷ برابر جرم باقی‌مانده است.

روش دوم: جرم باقی‌مانده و واپاشیده را محاسبه می‌کنیم:

$m' = m_۰ (۱ - \frac{۱}{۲^n}) \xrightarrow{n=۳} m' = \frac{۷}{۸} m_۰$

$m = \frac{m_۰}{۲^n} \xrightarrow{n=۳} m = \frac{m_۰}{۸} \Rightarrow \frac{m'}{m} = ۷$

۲۹) نمودار تغییرات تعداد هسته‌های یک ماده پرتوزا برحسب زمان، مطابق شکل زیر است. پس از گذشت هشت رو چند درصد از هسته‌های آن فعال باقی می‌ماند؟



۱) ۸۷/۵
۲) ۵۰
۳) ۲۵
۴) ۱۲/۵

پاسخ: گزینه ۳

گزینه۳

پس از گذشت هر نیمه‌عمر تعداد هسته‌های فعال نصف می‌شود.

$$N = \frac{N_0}{2^n} \xrightarrow[N=\frac{N_0}{16}]{n=\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} \frac{N_0}{16} = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow n = 4$$

$$\xrightarrow{t=16 \text{ روز}} T_{\frac{1}{2}} = \frac{16}{4} = 4 \text{ روز}$$

$$N' = \frac{N_0}{2^n} \xrightarrow[T_{\frac{1}{2}}=4]{n'=\frac{t'}{T_{\frac{1}{2}}},\ t'=8} N' = \frac{N_0}{2^{\frac{8}{4}}} = \frac{N_0}{4}$$

$$\text{درصد هسته‌های فعال} = \frac{N'}{N_0} \times 100 = \frac{100}{4} = 25 \text{ درصد}$$

۳۰) هسته‌ای در تابش‌های پی‌درپی به ایزوتوپ دیگر خود با ۸ نوترون کمتر تبدیل شده است. در این واکنش به‌ترتیب از راست به چپ چند ذره α و چند ذره β^- تابش شده است؟

۱) ۴ و ۴ ۲) ۲ و ۴ ۳) ۴ و ۲ ۴) ۲ و ۸

پاسخ: گزینه ۲

منظور از ایزوتوپ یعنی عدد اتمی یکسان داشته باشند.

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-8}_{Z} X + n\,{}^{4}_{2}\alpha + m\,{}^{0}_{-1}\beta$$

باید عدد اتمی و عدد جرمی در طرفین ثابت بماند.

$$\begin{cases} A = A - 8 + 4n + 0 \Rightarrow 4n = 8 \Rightarrow n = 2 \\ Z = Z + 2n - m \Rightarrow 0 = 4 - m \Rightarrow m = 4 \end{cases}$$

۲ ذره آلفا و ۴ ذره β^- تابش شده است.