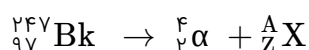


گزینه ۲

در رشته بالمر ($n' = ۲$) چهار خط نور مرئی داریم که حاصل رفتن الکترون از ترازهای ۶, ۵, ۴, ۳ به $n = ۲$ است.

گزینه ۱

معادله واکنش را می‌نویسیم:



$$247 = 4 + A \Rightarrow A = 243$$

$$97 = 2 + Z \Rightarrow Z = 95$$

گزینه ۴

انرژی فوتون‌ها فقط وابسته به بسامد آن‌ها و طبعاً مستقل از محیط انتشار است.

گزینه ۳

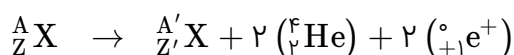
نور مرئی در گستره طول موج رشته بالمر قرار دارد. بنابراین برای محاسبه کوتاه‌ترین طول موج مرئی، $n' = ۲$ و $n = \infty$ را در رابطه ریدبرگ قرار می‌دهیم.

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4}{0.01} = 400 \text{ nm}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\min} = 4000 \text{ \AA}$$

گزینه ۳

معادله واکنش را می‌نویسیم:



$$A = A' + 2(4) + 2(0) \Rightarrow A' = A - 8$$

$$Z = Z' + 2(2) + 2(1) \Rightarrow Z' = Z - 6$$

ازطرفی تغییرات تعداد نوترون‌ها برابر است با:

$$N' = A' - Z' = A - 8 - (Z - 6) = \underbrace{A - Z}_N - 2 = N - 2 \Rightarrow N' = N - 2$$

با استفاده از رابطه $E = mc^2$ داریم:

$$E = 6 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} = 5/4 \times 10^{11} \text{ J} \Rightarrow E = \frac{5/4 \times 10^{11}}{36 \times 10^5} = 1/5 \times 10^5 \text{ kW.h}$$

شعاع مدار n ام در اتم هیدروژن برابر است با:

$$r_n = n^2 a_0$$

که در آن a_0 شعاع مدار اول (حالت پایه) است، پس داریم:

$$r_5 = 5^2 \times a_0 = 16 a_0 \Rightarrow \lambda = 16 a_0 \Rightarrow a_0 = 0/5 \text{ Å}$$

اولین مدار برانگیخته برابر است با $n = 2$: پس شعاع این مدار نیز برابر است با:

$$r_2 = 2^2 \times a_0 = 4 a_0 = 4 \times 0/5 = 2 \text{ Å}$$

اختلاف شعاع دو مدار ذکر شده:

$$\Delta r = 2 \text{ Å} - 0/5 \text{ Å} = 1/5 \text{ Å}$$

باتوجه به رابطه محاسبه شعاع مدارهای مانا می توان نوشت:

$$r_n = n^2 a_0 \Rightarrow \begin{cases} r_1 = a_0 \\ r_n = n^2 a_0 \end{cases} \Rightarrow \Delta r = (n^2 - 1) a_0 = \lambda a_0$$

$$\Rightarrow n^2 - 1 = \lambda \Rightarrow n^2 = 9 \Rightarrow n = 3$$

برای بررسی انرژی الکترون در این حالت می توان نوشت:

$$\left. \begin{aligned} E_n &= -\frac{E_R}{n^2} = -\frac{E_R}{9} \\ E_1 &= -E_R \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta E = -\frac{E_R}{9} - (-E_R) = +\frac{8}{9} E_R$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{\frac{8}{9} E_R}{-E_R} = -\frac{8}{9}$$

در رشته پاشن ($n' = ۳$) اولین خط مربوط به $n = ۴$ ، دومین خط مربوط به $n = ۵$ و سومین خط مربوط به $n = ۶$ است. به طور کلی m امین خط برای هر طیف به ازای $n' = n + m$ به دست می‌آید: ($n' = ۳ + ۳ = ۶$)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{36} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{3}{36} \right) = \frac{1}{1200}$$

$$\Rightarrow \lambda = 1200 \text{ nm} \times \frac{10^{-6} \text{ mm}}{1 \text{ nm}} = 12 \times 10^{-4} = 1/2 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

در طیف اتم هیدروژن، همه خطوط رشته لیمان در ناحیه فرابنفش و تعدادی از خطوط رشته بالمر در ناحیه نور مرئی قرار دارد؛ بنابراین گزینه "۳" درست است.

با استفاده از رابطه $E = mc^2$ داریم:

$$E = 1/8 \times 10^{19} \text{ Mev} = 1/8 \times 10^{19} \times 10^6 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = mc^2 \Rightarrow m = \frac{1/8 \times 10^{19} \times 10^6 \times 1/6 \times 10^{-19}}{9 \times 10^{16}} = 0/32 \times 10^{-10} \text{ kg} = 32 \text{ ng}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n' = 3$$

$$\frac{1}{1200} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{12} = \frac{1}{9} - \frac{1}{n^2} \Rightarrow \frac{1}{n^2} = \frac{1}{9} - \frac{1}{12} = \frac{4-3}{36} \Rightarrow n = 6$$

پس این طول موج خط سوم رشته پاشن است.

عبارت (ب) غلط است؛ چراکه فقط در شکل (ب) شرط وارونی جمعیت برقرار شده است.
عبارت (پ) نیز غلط است و کاملاً عکس وضعیت واقعی است.

$$N_0 - \frac{15}{16} N_0 = \frac{1}{16} N_0 = \text{تعداد هسته‌های واپاشیده شده} - \text{تعداد کل هسته‌ها} = \text{تعداد هسته‌های فعال باقیمانده}$$

با استفاده از رابطه $N = \frac{N_0}{2^n}$ داریم:

$$\frac{1}{16} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 2^n = 16 \Rightarrow n = 4 \xrightarrow{n = \frac{t}{T_{1/2}}} 4 = \frac{t}{12} \Rightarrow t = 48 \text{ ساعت}$$

طبق فرض بور وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابشی گسیل نمی‌کند؛ بنابراین گفته می‌شود الکترون در حالت مانا قرار دارد.

هر چهار گزینه صحیح است.

نتایج تلاش دانشمندان در سه دهه آغازین قرن بیستم به نظریه نسبیت خاص (مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل‌مقایسه با تندی نور)، نظریه نسبیت عام (مربوط به مطالعه هندسه فضا-زمان و گرانش) و نظریه کوانتومی (مربوط به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک، مانند اتم‌ها و ذره‌های سازنده آن‌ها) منجر شد که امروزه به آن فیزیک جدید می‌گویند.

می‌دانیم که در رشته بالمر ($n = 2$) هم‌طیف فرابنفش و هم‌طیف مرئی وجود دارد. محدوده طیف مرئی مربوط به $3 \leq n' \leq 6$ است که کمترین طول موج مربوط به $n' = 6$ (بنفش) و بیشترین طول موج مربوط به $n' = 3$ (قرمز) است. بنابراین برای محاسبه کوتاه‌ترین طول موج مرئی رشته بالمر که آن را λ_1 می‌نامیم، داریم:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) = R \frac{\lambda}{36} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{36}{\lambda R} = \frac{9}{2R}$$

ازطرفی کوتاه‌ترین طول موج مربوط به هر رشته به‌ازای $n' = \infty$ به دست می‌آید که در اینجا آن را λ_2 نام‌گذاری می‌کنیم.

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = \frac{R}{4} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{4}{R}$$

پس در نهایت نسبت $\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ محاسبه می‌شود:

$$\Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{4}{R}}{\frac{9}{2R}} = \frac{\lambda}{9}$$

باتوجه به رابطه $E = mc^2$ می‌توان نوشت:

$$E = mc^2 = 2 \times 10^{-3} \times 10^{-3} \times 9 \times 10^6 = 1/8 \times 10^{11} \text{ J}$$

انرژی لازم برای بالا بردن m' کیلوگرم از ماده به‌اندازه 30 متر صرف افزایش انرژی پتانسیل گرانشی آن می‌شود.

$$E = m'gh \Rightarrow 1/8 \times 10^{11} = m' \times 10 \times 30 \Rightarrow m' = 6 \times 10^8 \text{ kg}$$

با گسیل پرتو گاما، عدد جرمی و عدد اتمی هسته تغییر نمی‌کند و تنها هسته اتم مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهد.

با استفاده از رابطه $q = ze$ عدد اتمی هسته را محاسبه می‌کنیم:

$$q = ze \Rightarrow 4/8 \times 10^{-18} = z \times 1/6 \times 10^{-19} \Rightarrow z = 30$$

تعداد نوترون‌های هسته اتم از تفاوت عدد جرمی و عدد اتمی به دست می‌آید:

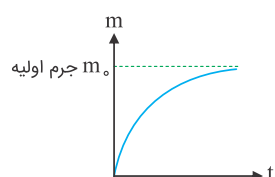
$$N = 48 - 30 = 18$$

و در نهایت:

$$\frac{Z}{N} = \frac{30}{18} = \frac{5}{3}$$

یکی دیگر از پیامدهای نظریه الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنه الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$). به این ترتیب انتظار می‌رود به ازای یک بسامد معین، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون‌ها با انرژی جنبشی بیشتری از فلز خارج شوند. نتیجه‌ای که تجربه آن را تأیید نمی‌کند.

با گذشت زمان، تعداد اتم متلاشی شده کاهش می‌یابد و به‌طور تئوریک در زمان بی‌نهایت کاملاً واپاشیده می‌شود پس گزینه ۳ صحیح است.



تنها عبارت (پ) نادرست است. هسته اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به‌طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند.

تعداد فوتون‌های گسیلی از یک لامپ برابر است با:

$$n = \frac{E}{hf} = \frac{Pt}{hf} = \frac{Pt}{h \frac{c}{\lambda}} = \frac{Pt\lambda}{\underbrace{hc}_{\text{مقداری ثابت}}} \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1}{P_2} \times \frac{t_1}{t_2} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\Rightarrow \frac{n_1 \text{ لامپ بنفش}}{n_2 \text{ لامپ زرد}} = \frac{P_1 t_1 \lambda_1}{P_2 t_2 \lambda_2} = \frac{100 \times \overbrace{60}^{\text{ثانیه}} \times \overbrace{400}^{\text{نانومتر}}}{200 \times 1 \times 600} = 20$$

انرژی هر فوتون برابر است با:

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

پس طبق فرض سؤال داریم:

$$hf_A = 6hf_B \Rightarrow f_A = 6f_B \Rightarrow \frac{c}{\lambda_A} = 6 \frac{c}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_B = 6\lambda_A$$

$$\lambda_A + \lambda_B = 35 \mu\text{m} \Rightarrow \lambda_A + 6\lambda_A = 35$$

$$\Rightarrow \lambda_A = 5 \mu\text{m} \Rightarrow \lambda_B = 6 \times 5 = 30 \mu\text{m} \Rightarrow \lambda_B - \lambda_A = 25 \mu$$