

پاسخنامه
فیزیک
فصل ۴
دوازدهم



1- گزینه «ا»

(اسماعیل امام)

$$E = nhf = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{nhc}{E}$$

$$\lambda_1 = \frac{100 \times 4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{5} = 2/4 \times 10^{-5} \text{ m} = 24 \mu\text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{100 \times 4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{1} = 1/2 \times 10^{-5} \text{ m} = 12 \mu\text{m}$$

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = 12 \mu\text{m}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۶ تا ۹۹)

2- گزینه «ب»

(معدی براتی)

ابتدا توان مفید چشمه نور را می‌یابیم. چون بازده چشمه ۵/۵ درصد است، داریم:

$$\frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{کل}}} \times 100 = 5/5 \Rightarrow \frac{P_{\text{مفید}}}{120} \times 100 = 5/5$$

$$\Rightarrow P_{\text{مفید}} = 6/6 \text{ W}$$

از طرف دیگر، بنا به رابطه‌های $E = nh \frac{c}{\lambda}$ و $E = pt$ می‌توان نوشت:

$$E = nh \frac{c}{\lambda} \quad E = pt \Rightarrow pt = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow$$

$$n = \frac{pt\lambda}{ch} \quad \lambda = 300 \text{ nm} = 300 \times 10^{-9} \text{ m}, t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

$$c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 6/6 \times 10^{-34} \text{ J.s}, p = 6/6 \text{ W}$$

$$n = \frac{6/6 \times 300 \times 300 \times 10^{-9}}{3 \times 10^8 \times 6/6 \times 10^{-34}} \Rightarrow n = 3 \times 10^{20}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۶ تا ۹۹)

3- گزینه «ا»

(معبود سلیم‌پور)

انرژی فوتون تابیده شده برابر با اختلاف انرژی دو تراز است. بنابراین انرژی فوتون گسیل شده برابر است با:

$$E = hf = \frac{f = 5 \times 10^{15} \text{ Hz}}{h = 6/6 \times 10^{-34} \text{ J}} \Rightarrow E = 6/6 \times 10^{-22} \times 5 \times 10^{15}$$

$$\Rightarrow E = 2/3 \times 10^{-18} \text{ J}$$

10^{15} فوتون در هر ثانیه تابش می‌شود. در این حالت داریم:

$$P = \frac{E_{\text{کل}}}{t} \quad E_{\text{کل}} = nE \Rightarrow P = \frac{nE}{t} \quad \frac{n = 10^{15}, t = 1 \text{ s}}{E = 2/3 \times 10^{-18} \text{ J}} \Rightarrow$$

$$P = \frac{10^{15} \times 2/3 \times 10^{-18}}{1} \Rightarrow$$

$$P = 2/3 \times 10^{-3} \text{ W} \quad 10^{-3} \text{ W} = 1 \text{ mW} \Rightarrow P = 2/3 \text{ mW}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۸ تا ۱۱۱)

4- گزینه «ب»

(علی انزرفرواه)

ابتدا انرژی فوتون را به دست می‌آوریم:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \quad \lambda = 112 \text{ nm} = 112 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$h = 4/2 \times 10^{-15} \text{ eV.s}, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E = \frac{4/2 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{112 \times 10^{-9}} = \frac{126}{112} \Rightarrow E = \frac{9}{8} \text{ eV}$$

از طرف دیگر، چون طول موج $\lambda = 112 \text{ nm}$ مربوط به طیف امواج فروسرخ است. لذا گسیل یا جذب الکترون باید به مدار $n > 2$ ختم شود. در این حالت الکترون نمی‌تواند از تراز $n = 3$ به تراز $n = 1$ یا تراز $n = 2$ برود بنابراین گزینه‌های (۳) و (۴) حذف می‌شوند. برای یافتن گزینه درست، باید مشخص کنیم در کدام حالت انرژی فوتون برابر

$\frac{9}{8} \text{ eV}$ می‌شود:

$$\Delta E = E_f - E_r \xrightarrow{E = \frac{E_R}{n^2}} \Delta E = -\frac{E_R}{16} - \left(-\frac{E_R}{9}\right) \quad \text{گزینه «ا»}$$

$$= \frac{7 \times E_R}{16 \times 9} \quad E_R = 12/5 \text{ eV} \Rightarrow \Delta E = \frac{7 \times 12/5}{144} \neq \frac{9}{8} \text{ eV}$$

$$\Delta E = E_p - E_r \Rightarrow \Delta E = -\frac{E_R}{36} - \left(-\frac{E_R}{9}\right) = \frac{2E_R}{36} \quad \text{گزینه «ب»}$$

$$\Rightarrow \Delta E = \frac{2 \times 12/5}{36} = \frac{12/5}{18} \Rightarrow \Delta E = \frac{9}{8} \text{ eV}$$

می‌بینیم، الکترون در تراز $n = 3$ ، با جذب $\frac{9}{8} \text{ eV}$ انرژی به تراز $n = 6$ می‌رود.

دقت کنید، الکترون در رفتن از تراز n' به n همان قدر انرژی جذب می‌کند، که وقتی از تراز n به n' می‌رود آزاد می‌کند.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۱ تا ۱۰۹)

5- گزینه «۲»

(فسر و اریوانی فدر)

برای بلندترین طول موج باید الکترون از تراز $n = n' + 1$ به تراز n' برود. بنابراین بلندترین طول موج رشته براكه برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=4+1=5, n'=4}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{25} \right) = R \times \frac{25-16}{25 \times 16} \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{25 \times 16}{9R}$$

برای کوتاهترین طول موج باید الکترون از تراز $n = \infty$ به تراز n' برود. بنابراین کوتاهترین طول موج رشته براكه برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=\infty, n'=4} \frac{1}{\lambda_{\min}}$$

$$= R \times \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{16}{R}$$

در آخر داریم:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\frac{25 \times 16}{9R}}{\frac{16}{R}} = \frac{25 \times 16 \times R}{9 \times 16 \times R} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{25}{9}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۱ و ۱۰۲)

6- گزینه «۲»

(عبدالرضا امینی نسب)

برای چهار خط اول رشته بالمر که مرئی هستند، باید $(n = 3, 4, 5, 6)$ باشد، با توجه به این که در رشته بالمر $n' = 2$ است، برای کوتاهترین طول موج باید فاصله n و n' زیاد باشد. بنابراین باید الکترون از تراز $n = 6$ به تراز $n' = 2$ برود. در این حالت داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=6, n'=2} \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{36} \right) = \frac{9-1}{100 \times 36}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{100 \times 36}{8} \Rightarrow \lambda = 450 \text{ nm}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۲)

7- گزینه «۴»

(مبین کلونیان)

با توجه به رابطه‌های $E_U - E_L = hf$ و $E = -\frac{E_R}{n^2}$ برای حالت اولی که الکترون

از تراز $n = 1$ به تراز n می‌رود داریم:

$$E_U - E_L = hf \xrightarrow{U=n, L=1} E_n - E_1 = hf \xrightarrow{E = -\frac{E_R}{n^2}}$$

$$-\frac{E_R}{n^2} - \left(-\frac{E_R}{1} \right) = hf \Rightarrow hf = E_R - \frac{E_R}{n^2}$$

$$\Rightarrow hf = E_R \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

در حالت دوم که الکترون از تراز n به تراز $n = 6$ می‌رود، داریم:

$$E_6 - E_n = hf' \xrightarrow{hf' = \frac{1}{27} hf} \frac{E_R}{36} - \left(-\frac{E_R}{n^2} \right) = \frac{1}{27} hf$$

$$\Rightarrow \frac{E_R}{n^2} - \frac{E_R}{36} = \frac{1}{27} hf \Rightarrow E_R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{36} \right) = \frac{1}{27} hf \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1), (2)} E_R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{36} \right) = \frac{1}{27} \times E_R \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n^2} - \frac{1}{36} = \frac{1}{27} - \frac{1}{27n^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n^2} + \frac{1}{27n^2} = \frac{1}{27} + \frac{1}{36} \Rightarrow \frac{27+1}{27n^2} = \frac{36+27}{27 \times 36} \Rightarrow \frac{28}{n^2} = \frac{63}{36}$$

$$n^2 = \frac{36 \times 28}{63} \Rightarrow n^2 = 4 \times 4 \Rightarrow n = 4$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۱ تا ۱۰۲)

8- گزینه «۴»

(مصطفی کبانی)

الف) درست

ب) درست

پ) درست

ت) درست - در ترازهای شبه پایدار، الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری (10^{-9} s)

نسبت به حالت پراکنده معمولی (10^{-8} s) باقی می‌مانند، یعنی $\frac{10^{-9}}{10^{-8}} = 10^5$ برابر.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۸ تا ۱۱۰)

9- گزینه «۱»

(مصطفی کبانی)

با توجه به معادله واپاشی داده شده، عدد جرمی هسته مادر $A = 131 + 87 = 218$ و

عدد اتمی آن $Z = 87$ می‌باشد. از طرف دیگر، عدد جرمی هسته دختر

$A = 129 + 89 = 218$ و عدد اتمی آن $Z' = 89$ است. بنابراین، عدد جرمی هسته

تغییر نکرده اما به عدد اتمی آن ۲ واحد اضافه شده است، با توجه به این که در واپاشی بتای

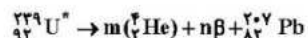
متنی (β^-) عدد جرمی ثابت و به عدد اتمی یک واحد اضافه می‌شود، لذا در این فرایند

واپاشی، ۲ ذره β^- گسیل شده است.

(معطای کتابی)

12- گزینه «۱»

چون با گسیل ذره β عدد جرمی تغییر نمی‌کند، ابتدا با استفاده از پایستگی مجموع عددهای جرمی دو طرف معادله، تعداد ذره‌های α (یعنی m) را حساب می‌کنیم.



$$\Rightarrow 239 = m \times 4 + (n \times 0) + 207 \Rightarrow m = 8$$

اکنون با استفاده از پایستگی مجموع عددهای اتمی دو طرف معادله، نوع ذره β و تعداد آنرا به‌دست می‌آوریم.

$$92 = m \times 2 + n + 82 \xrightarrow{m=8} 92 = 8 \times 2 + 82 + n \Rightarrow n = -6$$

چون n یک عدد منفی به‌دست آمده است، باید بار ذره β منفی باشد. بنابراین نوع ذره β الکترون یا بتای منفی است.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۵ و ۱۱۶)

(فسرو ارضیاتی فزری)

13- گزینه «۱»

با استفاده از رابطه $E = hf = h \frac{c}{\lambda}$ انرژی هر فوتون را می‌یابیم:

$$E = h \frac{c}{\lambda} \quad \lambda = 6600 \text{ \AA} = 6600 \times 10^{-10} \text{ m} \quad c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6600 \times 10^{-10}} = 3 \times 10^{-19} \text{ J}$$

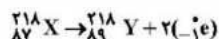
$$\frac{1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{\rightarrow E = \frac{3 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}}} = 1.875 \text{ eV}$$

برای محاسبه تعداد فوتون‌های تابش شده می‌توان نوشت:

$$E_{\text{کل}} = n E_{\text{فوتون}} \quad \frac{E = Pt}{t = 60 \text{ s}} \rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{Pt}{E_{\text{فوتون}}} = \frac{48 \times 60}{3 \times 10^{-19}} = 9.6 \times 10^{21}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۶ و ۹۸)



ذقت کنید، β^- همان $({}_1^0\text{e})$ است.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۵ و ۱۱۶)

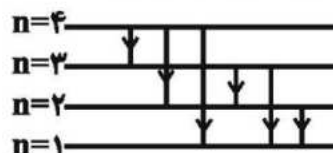
(یوار، کمران)

10- گزینه «۳»

ابتدا انرژی فوتون جذب شده را به شکل $\frac{15}{16} E_R = 12.75 \text{ eV}$ می‌نویسیم.

$$E_{\text{فوتون}} = E_f - E_i \Rightarrow + \frac{15}{16} E_R = \frac{-E_R}{n^2} - \frac{-E_R}{1^2} \Rightarrow n = 4$$

حال انواع گذارهای گسیلی ممکن را مشخص می‌کنیم.



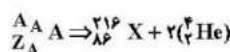
بنابراین در مجموع ۶ نوع فوتون با انرژی‌های مختلف گسیل می‌شود.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۸ و ۱۰۹)

(امیرکسین پیرازران)

11- گزینه «۲»

با توجه به اینکه ذره α هسته اتم هلیوم ${}_2^4\text{He}$ است با نوشتن معادله واپاشی عنصر A عدد جرمی و عدد اتمی آن را به‌دست می‌آوریم:



$$\begin{cases} A_A = 216 + 8 = 224 \Rightarrow {}_{90}^{224} A \\ Z_A = 86 + 4 = 90 \end{cases}$$

از طرف دیگر، چون عدد جرمی عنصر B ، ۲۵ درصد بیشتر از عدد جرمی عنصر A است،

می‌توان نوشت:

$$A_B = A_A + \frac{25}{100} A_A = \frac{125}{100} A_A$$

$$\Rightarrow A_B = \frac{5}{4} A_A \xrightarrow{A_A = 224} A_B = \frac{5}{4} \times 224 \Rightarrow A_B = 280$$

با توجه به اینکه عنصر A و B ایزوتوپ هستند عدد اتمی آنها یکسان است، بنابراین داریم:

$$A_B = Z_B + N_B \xrightarrow{\substack{Z_B = Z_A = 90 \\ A_B = 280}} 280 = 90 + N_B \Rightarrow N_B = 190$$

در آخر، اختلاف Z_B و N_B برابر است با: $N_B - Z_B = 190 - 90 = 100$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۳ و ۱۱۴)

14 - گزینه «۱»

(امیرحسین برادران)

بلندترین طول موج رشته لیمان مربوط به گذار الکترون از $n=2$ به تراز $n'=1$ است. کوتاهترین طول موج رشته براکت مربوط به گذار الکترون از تراز $n=\infty$ به تراز $n'=4$ است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=4, n=2} \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{4} \right) \rightarrow \lambda = \frac{4}{3R}$$

$$\frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=4, n=\infty} \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{16} - 0 \right) \rightarrow \lambda' = \frac{16}{R}$$

$$\Rightarrow \lambda' - \lambda = \frac{16}{R} - \frac{4}{3R} = \frac{44}{3R} \xrightarrow{R=1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}} \lambda' - \lambda = \frac{44 \times 10^7}{3} \text{ nm}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۲)

15 - گزینه «۱»

(امیرحسین برادران)

می‌دانیم در صورتی اثر فوتوالکتریک رخ می‌دهد که بسامد فوتون فرودی بر سطح فلز از بسامد آستانه فلز بیشتر باشد، بنابراین ابتدا بسامد هر کدام از فوتون‌های C, B, A و D را می‌یابیم و با بسامد آستانه فلز مقایسه می‌کنیم:

$$E_A = 4/5 \text{ eV}, E_B = 8 \text{ eV}, E_C = 5/5 \text{ eV}, E_D = 6/5 \text{ eV}$$

$$E = hf \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} f_A = \frac{E_A}{h} = \frac{4/5}{4 \times 10^{-15}} \\ \text{آستانه} \\ f_B = \frac{E_B}{h} = \frac{8}{4 \times 10^{-15}} \\ \text{آستانه} \\ f_C = \frac{E_C}{h} = \frac{5/5}{4 \times 10^{-15}} \\ \text{آستانه} \\ f_D = \frac{E_D}{h} = \frac{6/5}{4 \times 10^{-15}} \\ \text{آستانه} \end{array} \right.$$

می‌بینیم بسامد فرودی دو تا از فوتون‌ها از بسامد آستانه فلز ($f = 1/5 \times 10^{15} \text{ Hz}$) بیشتر است. بنابراین، با ۲ فوتون از چهار فوتون تولید شده بر فلز، اثر فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

روش دوم: حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون از سطح فلز را با استفاده از بسامد آستانه فلز می‌یابیم و انرژی فوتون‌های فرودی را با آن مقایسه می‌کنیم:

$$E_{\text{حداقل}} = hf_{\text{آستانه}} = 4 \times 10^{-15} \times 1/5 \times 10^{15} \Rightarrow E_{\text{حداقل}} = 6 \text{ eV}$$

چون انرژی فوتون‌های B و D از حداقل انرژی بیشتر است، به وسیله تاباندن این دو فوتون اثر فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۸ تا ۹۸)

16 - گزینه «۳»

(امیرحسین برادران)

ابتدا انرژی الکترون در مدار n را بدست می‌آوریم:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \xrightarrow{r_n = a_0 n^2} E_n = \frac{-E_R a_0}{r_n}$$

$$\xrightarrow{r=16a_0, r'=4a_0} E' - E = \frac{-E_R a_0}{4a_0} - \left(\frac{-E_R a_0}{16a_0} \right)$$

$$\Rightarrow E' - E = \frac{-3}{16} E_R$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۳ تا ۱۰۷)

17 - گزینه «۳»

(مصطفی کیانی)

الف) درست

ب) درست

پ) نادرست - طیف گسیلی خطی برای اتم‌های هر گاز منحصر بفرد است.

ت) درست

بنابراین ۳ عبارت درست است.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۹ و ۱۰۰)

18 - گزینه «۱»

(مصطفی کیانی)

ابتدا تعداد فوتون‌های گسیلی را با استفاده از رابطه زیر می‌یابیم:

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \xrightarrow{n=6} N = \frac{6 \times (6-1)}{2} = 15$$

برای کوتاهترین طول موج فوتون تابشی، باید الکترون از تراز $n=6$ به تراز $n'=1$ برود، دقت کنید، کوتاهترین طول موج فوتون تابشی در حالتی به وجود می‌آید که اختلاف دو تراز که الکترون بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود، بیشترین مقدار را داشته باشد.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=1, n=6} \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_{\min}} \times \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{36} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{1}{100} \times \frac{35}{36} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{720}{35} \text{ nm}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۹ و ۱۰۲)

19 - گزینه «۱»

(پولام زبیر)

چون طول موج فوتون گسیلی $\lambda = 660 \text{ nm}$ است، مربوط به ناحیه مرئی و رشته پالمیر ($n' = 2$) می باشد. بنابراین باید گذار الکترون به $n' = 2$ ختم شود. (گزینه های ۳ و ۴ حذف می شوند)

از طرف دیگر، چون طول موج 660 nm ، جزء طول موج های بلند ناحیه مرئی است، باید انرژی فوتون گسیلی کم باشد؛ لذا لازم است، گذار الکترون بین ترازهای نزدیک به هم رخ دهد؛ بنابراین این گذار باید از تراز $n = 3$ به $n' = 2$ ختم شود.

اگر با استفاده از انرژی این دو تراز، طول موج فوتون گسیل شده را بیابیم، مطابق محاسبات زیر، تقریباً 660 nm می شود.

$$E_p - E_{p'} = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{E_p - E_{p'}} = \frac{hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{E_p - E_{p'} = -1/51 \text{ eV} - (-3/4 \text{ eV})}$$

$$\lambda = \frac{1240}{-1/51 - (-3/4)} = \frac{1240}{1/89} \Rightarrow \lambda = 656.08 \text{ nm} \approx 660 \text{ nm}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته ای) (فیزیک ۳، صفحه های ۹۸ و ۱۰۷)

20 - گزینه «۲»

(مصطفی کیانی)

در فرایند گسیل القایی، وقتی فوتون با انرژی ای که برابر اختلاف انرژی دو تراز است، به الکترون برانگیخته تابیده شود، دو فوتون هم انرژی، هم بسامد و هم فاز تولید می شود. بنابراین ابتدا، اختلاف انرژی دو تراز $n' = 1$ و $n = 4$ را که برابر انرژی فوتون تابشی است، می یابیم:

$$\Delta E = E_R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{n' = 1}{n = 4} \Rightarrow \Delta E = E_R \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{16} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta E = \frac{15}{16} E_R$$

اکنون می توان انرژی خروجی از مجموعه را بدست آورد.

$$E_{\text{انرژی فوتون تابیده شده}} + \text{مجموع انرژی ۵ فوتون تولید شده} = E_{\text{کل}}$$

$$\Rightarrow E_{\text{کل}} = 5 \times \frac{15}{16} E_R + \frac{15}{16} E_R \Rightarrow E_{\text{کل}} = 6 \times \frac{15}{16} E_R$$

$$E_{\text{کل}} = \frac{45}{8} E_R$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته ای) (فیزیک ۳، صفحه های ۱۰ و ۱۱)

21 - گزینه «۲»

(مصطفی کیانی)

ابتدا با استفاده از رابطه $E = mc^2$ ، اختلاف جرم نوکلئون ها و جرم هسته را می یابیم:

$$E = mc^2 = \frac{E = 9 \times 10^{-12} \text{ J}}{c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \Rightarrow 9 \times 10^{-12} = m \times (3 \times 10^8)^2$$

$$\Rightarrow 9 \times 10^{-12} = m \times 9 \times 10^{16}$$

$$\Rightarrow m = 10^{-28} \text{ kg} = 0.01 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

اکنون جرم نوکلئون ها را می یابیم. چون جرم نوکلئون ها از جرم هسته بیشتر است، داریم:

$$\xrightarrow{\text{جرم هسته} = 2/24 \times 10^{-27} \text{ kg}} \text{جرم هسته} - \text{جرم نوکلئون ها} = \text{اختلاف جرم}$$

$$0.01 \times 10^{-27} = 2/24 \times 10^{-27} - \text{جرم نوکلئون ها}$$

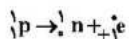
$$\Rightarrow \text{جرم نوکلئون ها} = 2/24 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته ای) (فیزیک ۳، صفحه های ۱۱۲ و ۱۱۵)

22 - گزینه «۲»

(مصطفی کیانی)

در واپاشی β^+ ، یکی از پروتون های درون هسته به یک نوترون و یک الکترون مثبت که به آن پوزیترون (β^+ یا e^+) می گویند، تبدیل می شود.



(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته ای) (فیزیک ۳، صفحه های ۱۱۵ و ۱۱۹)

23 - گزینه «۳»

(پولام زبیر)

ابتدا با استفاده از رابطه $N = \frac{N_0}{2^n}$ ، تعداد نیمه عمر سپری شده دو عنصر را می یابیم:

$$N_A = \frac{N_{0A}}{2^{n_A}} \quad N_A = \frac{1}{16} N_{0A} \rightarrow \frac{N_{0A}}{16} = \frac{N_{0A}}{2^{n_A}} \Rightarrow 2^{n_A} = 16 = 2^4$$

$$\Rightarrow n_A = 4$$

$$N_B = \frac{N_{0B}}{2^{n_B}} \quad N_B = \frac{1}{128} N_{0B} \rightarrow \frac{N_{0B}}{128} = \frac{N_{0B}}{2^{n_B}} \Rightarrow 2^{n_B} = 128 = 2^7$$

$$\Rightarrow 2^{n_B} = 128 = 2^7 \Rightarrow n_B = 7$$

اکنون، با استفاده از رابطه $n = \frac{t}{T_{1/2}}$ و با توجه به این که $t_A = t_B$ است، می توان نوشت:

$$\frac{t}{T_{1/2}} = \frac{t_A = t_B}{T_{1/2}} \rightarrow \frac{T_{1/2}}{T_{1/2}} = \frac{n_B}{n_A} \Rightarrow \frac{T_{1/2}}{T_{1/2}} = \frac{7}{4}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته ای) (فیزیک ۳، صفحه های ۱۲۰ و ۱۲۱)

24- گزینه «۱»

(سعی شرق)

چون ۳۰ گرم از جرم ماده پرتوزا واپاشیده شده است، جرم باقیمانده آن برابر $m = m_0 - ۳۰$ و یا جرم اولیه برابر $m_0 = m + ۳۰$ است. بنابراین داریم:

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{۶۴}{۱۶} = ۴$$

$$m = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow m_0 = m \cdot 2^n = ۱۶m = m + ۳۰$$

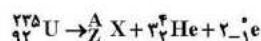
$$\Rightarrow ۱۵m = ۳۰ \Rightarrow m = ۲g$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۳۰ و ۱۳۱)

25- گزینه «۲»

(امپرسیون برارن)

معادله واپاشی را می‌نویسیم، داریم:



$$\begin{cases} 235 = A + 4 \Rightarrow A = 231 \\ 92 = Z + 2 \Rightarrow Z = 90 \end{cases} \Rightarrow N = 231 - 90 = 141$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۵ و ۱۱۶)

26- گزینه «۲»

(سعی شرق)

با توجه به نمودار $N_0 = ۳۲۰$ هسته و بعد از گذشت $۲۰s$ تعداد $N = ۱۰$ هسته باقی‌مانده است. بنابراین، ابتدا با استفاده از رابطه زیر، تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده در این مدت و به دنبال آن نیمه‌عمر را می‌یابیم:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow 10 = \frac{320}{2^n} \Rightarrow 2^n = 32 \Rightarrow n = 5$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \Rightarrow 5 = \frac{۲۰}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = ۴s$$

با داشتن نیمه‌عمر، اکنون می‌توان t_1 را بدست آورد. چون بعد از گذشت t_1 ثانیه، تعداد $N' = ۸۰$ هسته باقی‌مانده است، داریم:

$$N' = \frac{N_0}{2^{n'}} \Rightarrow 80 = \frac{320}{2^{n'}} \Rightarrow 2^{n'} = 4 \Rightarrow n' = 2$$

$$n' = \frac{t_1}{T_{1/2}} \Rightarrow 2 = \frac{t_1}{4} \Rightarrow t_1 = 8s$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۳۰ و ۱۳۱)

27- گزینه «۲»

(امپرسیون فانی)

ابتدا توان مصرفی لامپ را می‌یابیم:

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{P}{V^2} = \frac{۶۰۰}{(۲۲۰)^2}$$

$$\frac{P}{V^2} = \frac{۶۰۰}{(۲۲۰)^2} \Rightarrow P = ۱۵۰W$$

$$\Rightarrow P = ۱۵۰W$$

اکنون به‌صورت زیر، تعداد فوتون‌های تابشی را پیدا می‌کنیم:

$$E = P \cdot t = \frac{n \cdot h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{P \cdot t \cdot \lambda}{h \cdot c}$$

$$n = \frac{150 \times 60 \times 60 \times 10^{-9}}{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 3 \times 10^{22}$$

$$n = \frac{150 \times 60 \times 60 \times 10^{-9}}{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 3 \times 10^{22}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه ۹۸)

28- گزینه «۴»

(فسر و ارغوانی فرد)

ابتدا انرژی فوتون را برحسب ژول به‌دست می‌آوریم؛ سپس با استفاده از

رابطه $E = h \frac{c}{\lambda}$ ، طول موج هر فوتون را می‌یابیم و در آخر مشخص

می‌کنیم که در کدام ناحیه از امواج الکترومغناطیسی قرار دارد.

$$E = 2 \times 10^{-19} J \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2 \times 10^{-19}} = 9.9 \times 10^{-8} m$$

$$\Rightarrow \lambda = 9.9 \times 10^{-8} m$$

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{2 \times 10^{-19}} \approx 9.9 \times 10^{-8} m$$

این طول موج، مربوط به فوتون‌های ناحیه رادیویی امواج الکترومغناطیسی

می‌باشد. (آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۶۸ و ۹۸)

29- گزینه «۳»

(زهره آقاممیری)

در هسته، هر نوکلئون (پروتون و نوترون) فقط به نزدیک‌ترین نوکلئون‌های

مجاور نیروی هسته‌ای وارد می‌کند. از طرفی نیروی هسته‌ای یکسانی بین

دو پروتون، دو نوترون یا یک پروتون و یک نوترون وجود دارد. بنابراین

نیروهای F_p, F_p, F_n هر سه نیروی هسته‌ای هستند.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه ۱۱۳)

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\frac{36}{\Delta R}}{\frac{4}{R}} = \frac{36R}{4 \times \Delta R} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = 1/8$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ و ۱۰۲))

33- گزینه «۲»

(مبهم دشمنان)

ابتدا بلندترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$) را که به ازای گذار الکترون از $n = 3$ به $n' = 2$ به دست می‌آید، پیدا می‌کنیم و سپس انرژی فوتون تابشی آن را می‌یابیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{R = \frac{1}{100} \text{ nm}^{-1}} \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right)$$

$$= \frac{1}{100} \times \frac{5}{36} \Rightarrow \lambda_{\max} = 720 \text{ nm}$$

$$E_{\text{فوتون}} = h \frac{c}{\lambda} \xrightarrow{hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}} E_{\text{فوتون}} = \frac{1240}{720} \text{ eV}$$

$$\xrightarrow{1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} E_{\text{فوتون}} = \frac{31}{18} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

اکنون، انرژی کل ساطع شده از سطح را می‌یابیم:

$$I = \frac{E}{A \cdot t} \xrightarrow{A = 100 \text{ cm}^2 = 100 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \xrightarrow{I = 620 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}, t = 160 \text{ s}} E_{\text{کل}} = \frac{E}{100 \times 10^{-4} \times 160}$$

$$\Rightarrow E_{\text{کل}} = 62 \times 16 \text{ J}$$

در آخر، تعداد فوتون‌های تابشی را در مدت ۱۶۰s حساب می‌کنیم:

$$n = \frac{E_{\text{کل}}}{E_{\text{فوتون}}} = \frac{62 \times 16}{\frac{31}{18} \times 1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 3.6 \times 10^{21}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ و ۱۰۲))

34- گزینه «۴»

(مبهم عبوری نزار)

با توجه به رابطه $\lambda = \frac{c}{f}$ ، کمترین بسامد در ناحیه مرئی مربوط به بیشترین طول موج

در این ناحیه است، چون بیشترین طول موج ناحیه مرئی، مربوط به رشته بالمر ($n' = 2$) و در گذار الکترون از تراز $n = 3$ به تراز $n' = 2$ حاصل می‌شود،

بنابراین، این طول موج برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=2, n=3} \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{\Delta R}{36}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{36}{\Delta R}$$

از طرف دیگر، بیشترین بسامد در ناحیه فروسرخ مربوط به کمترین طول موج در این ناحیه است که آن هم مربوط به رشته پاشن ($n' = 3$) می‌باشد و در گذار الکترون از

$n = \infty$ به $n' = 3$ به دست می‌آید، بنابراین، این طول موج برابر است با:

(عبور از شتاب نسبی)

30- گزینه «۳»

مدل اتمی بور نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. همچنین، در این مدل، برای اتم‌هایی که بیش از یک الکترون دارند، هیچ‌گونه توضیحی داده نشده است.

مدل اتمی بور، پایداری اتم، چگونگی حرکت الکترون به دور هسته و طیف گسیلی و جذبی اتم هیدروژن را به خوبی توضیح می‌دهد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای (فیزیک ۳، صفحه ۱۰۹))

31- گزینه «۳»

(مربم شیخ‌محمود)

ابتدا توان خروجی لیزر و به دنبال آن انرژی خروجی آن را می‌یابیم:

$$Ra = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{کل}}} \xrightarrow{Ra = \frac{1/10}{100} = 10^{-4}} 10^{-4} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{100 \text{ W}} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 10^{-2} \text{ W}$$

$$E_{\text{خروجی}} = P_{\text{خروجی}} t \xrightarrow{t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}} E = 10^{-2} \times 60 = 0.6 \text{ J}$$

اکنون به صورت زیر، طول موج فوتون گسیلی را پیدا می‌کنیم:

$$E = n \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{nhc}{E} \xrightarrow{h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, n = 4 \times 10^{17}, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, E = 0.6 \text{ J}}$$

$$\lambda = \frac{4 \times 10^{17} \times 6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.6} = 1.32 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\xrightarrow{10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}} \lambda = 1.32 \text{ nm}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۷ و ۱۱۱))

32- گزینه «۳»

(عباس اصغری)

در اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$) مربوط به گذار الکترون از $n = \infty$ به $n' = 2$ می‌باشد و در ناحیه فرابنفش امواج الکترومغناطیسی واقع است و اندازه آن برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=2, n=\infty} \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4}{R}$$

بلندترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$) مربوط به گذار الکترون از $n = 3$ به $n' = 2$ می‌باشد و در ناحیه مرئی قرار دارد و اندازه آن برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=2, n=3} \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = R \times \frac{5}{36}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{36}{5R}$$

در آخر، نسبت $\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}}$ برابر است با:

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\frac{36}{\Delta R}}{\frac{4}{R}} = \frac{9R}{4 \times \Delta R} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = 1/8$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۲)

33- گزینه «۲»

(میکم دشیار)

ابتدا بلندترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$) را که به ازای گذار الکترون از $n = 3$ به $n' = 2$ به دست می‌آید، پیدا می‌کنیم و سپس انرژی فوتون تابشی آن را می‌یابیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{R = \frac{1}{100} \text{ nm}^{-1}} \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right)$$

$$= \frac{1}{100} \times \frac{5}{36} \Rightarrow \lambda_{\max} = 72 \text{ nm}$$

$$E_{\text{فوتون}} = h \frac{c}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}}{72 \text{ nm}} \Rightarrow E_{\text{فوتون}} = \frac{1240}{72} \text{ eV}$$

$$\xrightarrow{1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} E_{\text{فوتون}} = \frac{31}{18} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

اکنون، انرژی کل ساطع شده از سطح را می‌یابیم:

$$I = \frac{E_{\text{کل}}}{A \cdot t} \xrightarrow{A = 100 \text{ cm}^2 = 100 \times 10^{-4} \text{ m}^2, I = 620 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}, t = 160 \text{ s}} 620 = \frac{E_{\text{کل}}}{100 \times 10^{-4} \times 160}$$

$$\Rightarrow E_{\text{کل}} = 62 \times 16 \text{ J}$$

در آخر، تعداد فوتون‌های تابشی را در مدت ۱۶۰ s حساب می‌کنیم:

$$n = \frac{E_{\text{کل}}}{E_{\text{فوتون}}} = \frac{62 \times 16}{\frac{31}{18} \times 1.6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 3.6 \times 10^{21}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ تا ۱۰۲)

34- گزینه «۴»

(هسین عهروی‌نزار)

با توجه به رابطه $\lambda = \frac{c}{f}$ ، کمترین بسامد در ناحیه مرئی مربوط به بیشترین طول موج در این ناحیه است، چون بیشترین طول موج ناحیه مرئی، مربوط به رشته بالمر ($n' = 2$) و در گذار الکترون از تراز $n = 3$ به تراز $n' = 2$ حاصل می‌شود، بنابراین، این طول موج برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=2, n=3} \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{\Delta R}{36}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{36}{\Delta R}$$

از طرف دیگر، بیشترین بسامد در ناحیه فروسرخ مربوط به کمترین طول موج در این ناحیه است که آن هم مربوط به رشته پاشن ($n' = 3$) می‌باشد و در گذار الکترون از $n = \infty$ به $n' = 3$ به دست می‌آید، بنابراین، این طول موج برابر است با:

(عبدالرضا امینی‌نسب)

30- گزینه «۳»

مدل اتمی بور نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد. همچنین، در این مدل، برای اتم‌هایی که بیش از یک الکترون دارند، هیچ‌گونه توضیحی داده نشده است.

مدل اتمی بور، پایداری اتم، چگونگی حرکت الکترون به دور هسته و طیف گسیلی و جذبی اتم هیدروژن را به خوبی توضیح می‌دهد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه ۱۰۹)

31- گزینه «۳»

(مریم شریع‌نمو)

ابتدا توان خروجی لیزر و به دنبال آن انرژی خروجی آن را می‌یابیم:

$$Ra = \frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{کل}}} \xrightarrow{Ra = \frac{10^{-4}}{100} = 10^{-6}} 10^{-6} = \frac{P_{\text{خروجی}}}{100 \text{ W}} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 10^{-2} \text{ W}$$

$$E_{\text{خروجی}} = P_{\text{خروجی}} t \xrightarrow{t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}} E = 10^{-2} \times 60 = 0.6 \text{ J}$$

اکنون به صورت زیر، طول موج فوتون گسیلی را پیدا می‌کنیم:

$$E = n \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{nhc}{E} \xrightarrow{h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}, n = 4 \times 10^7, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, E = 0.6 \text{ J}} \lambda = \frac{4 \times 10^7 \times 6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0.6} = 1.32 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\xrightarrow{10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}} \lambda = 1.32 \text{ nm}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۷ و ۱۰۰ و ۱۱۱)

32- گزینه «۳»

(عباس اصغری)

در اتم هیدروژن، کوتاه‌ترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$) مربوط به گذار الکترون از $n = \infty$ به $n' = 2$ می‌باشد و در ناحیه فرابنفش امواج الکترومغناطیسی واقع است و اندازه آن برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=2, n=\infty} \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\infty} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4}{R}$$

بلندترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$) مربوط به گذار الکترون از $n = 3$ به $n' = 2$ می‌باشد و در ناحیه مرئی قرار دارد و اندازه آن برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n'=2, n=3} \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = R \times \frac{5}{36}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{36}{5R}$$

در آخر، نسبت $\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}}$ برابر است با:

39- گزینه «۲»

(امپرسیوین برادران)

$$\frac{r_2 - r_d}{r_d} \times 100 = \frac{f a_0 - 25 a_0}{25 a_0} \times 100 = -84\%$$

باید شعاع مدار الکترون ۸۴ درصد کاهش یابد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۲۵ و ۱۲۷)

43- گزینه «۱»

(فابریق مدرانی)

پرتوهای گاما بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورق‌های سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای یعنی حدوداً ۱۰۰mm عبور کنند.

و همچنین یکی از کاربردهای گسترده پرتو α در آشکارسازهای دود است.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۶ و ۱۱۷)

44- گزینه «۳»

(مصطفی و انقی)

در واپاشی α، عدد اتمی و عدد نوترونی هر کدام ۲ واحد کاهش می‌یابد، و در واپاشی β⁻، عدد اتمی یک واحد افزایش و عدد نوترونی یک واحد کاهش می‌یابد.

$$60 - 2(2) - 1 = N \Rightarrow N = 55 \quad (I)$$

$$Z - 2(2) + 1 = 50 \Rightarrow Z = 52 \quad (II)$$

$$I, II \Rightarrow N + Z = 55 + 52 = 107$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۵ و ۱۱۶)

45- گزینه «۴»

(زهره آقاممیری)

چون در لحظه t، ۷۵ درصد از هسته‌های اولیه واپاشیده شده‌اند، پس ۲۵ درصد

یعنی $\frac{1}{4}$ هسته‌های اولیه باقی‌مانده‌اند. در نتیجه داریم:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{1}{2^n} \Rightarrow n = 2$$

با استفاده از رابطه $n = \frac{t}{T_{1/2}}$ می‌توان نوشت:

$$\frac{t=8 \text{ روز}}{2} = \frac{\lambda}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = 4 \text{ روز}$$

اکنون مدت زمانی را محاسبه می‌کنیم که در آن تعداد هسته‌های باقی‌مانده $\frac{1}{8}$ برابر

$$\frac{N'}{N_0} = \frac{1}{2^{n'}} \Rightarrow \frac{1}{8} = \frac{1}{2^{n'}} \Rightarrow n' = 3$$

هسته‌های اولیه می‌شود.

$$T_{1/2} = 4 \text{ روز} \\ n' = \frac{t'}{T_{1/2}} \Rightarrow t' = 12 \text{ روز} \Rightarrow t' - t = 12 - 8 = 4 \text{ روز}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۲۰ و ۱۲۱)

46- گزینه «۴»

(امپرسیوین برادران)

مجموع تعداد واپاشی شده و هسته‌های باقیمانده برابر با تعداد هسته‌های اولیه است. اکنون تعداد هسته‌های باقیمانده را بدست می‌آوریم.

تعداد هسته باقیمانده = N_1 و تعداد واپاشی شده = N_2

$$N_2 - N_1 = 175000 \Rightarrow N_1 + N_2 = 200000 \Rightarrow N_1 = 12500$$

اکنون مدت زمان فروپاشی را بدست می‌آوریم:

$$N_1 = \frac{N_1 + N_2}{2^n} \Rightarrow \frac{12500}{2^n} = \frac{200000}{2^n} \Rightarrow \frac{12500}{200000} = \frac{1}{2^n} \Rightarrow \frac{1}{16} = \frac{1}{2^n} \Rightarrow n = 4$$

$$\Rightarrow \frac{1}{16} = \frac{1}{2^n} \Rightarrow n = 4 \Rightarrow \frac{t}{T_{1/2}} = 4 \Rightarrow t = 20 \text{ h}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۲۰ و ۱۲۱)

42- گزینه «۳»

(غلامرضا مصبی)

ابتدا شماره تراز الکترون در حالت دوم را می‌یابیم:

$$E_{\text{فوتون}} = E_n - E_{n'} \Rightarrow E_{\text{فوتون}} = \frac{E_R}{n'^2} - \frac{E_R}{n^2}$$

$$\frac{n=5}{E_{\text{فوتون}} = 21 E_R} \Rightarrow \frac{21}{100} E_R = \frac{E_R}{n'^2} - \frac{E_R}{25}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n'^2} = \frac{21}{100} + \frac{1}{25} \Rightarrow \frac{1}{n'^2} = \frac{1}{4} \Rightarrow n' = 2$$

شعاع مدار الکترون در $n' = 2$ و $n = 5$ برابر است با:

$$r_n = a_0 n^2 \xrightarrow{n=5} r_5 = 25 a_0$$

$$r_n = a_0 n^2 \xrightarrow{n=2} r_2 = 4 a_0$$

درصد تغییر شعاع مدار الکترون برابر است با:

47- گزینه «۳»

(امپرسیون برارار)

رخ دادن پدیده فوتوالکتریک به دو عامل بسامد نور فرودی و بسامد آستانه فلز بستگی دارد. اگر بسامد نور فرودی از بسامد آستانه فلز بیشتر باشد، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد. زمانی که پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد، یعنی بسامد نور فرودی کوچکتر از بسامد آستانه فلز است.

الف) با افزایش طول موج نور فرودی بسامد نور فرودی کاهش می‌یابد، بنابراین پدیده فوتوالکتریک همچنان رخ نمی‌دهد.

ب) استفاده از فلزی با طول موج آستانه بیشتر، یعنی بسامد آستانه کوچکتر، بنابراین در این صورت احتمال رخ دادن پدیده فوتوالکتریک افزایش می‌یابد.

پ) افزایش شدت موج فرودی تغییری در بسامد نور فرودی ایجاد نمی‌کند، بنابراین همچنان پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۹ و ۹۸)

48- گزینه «۲»

(امپرسیون برارار)

شکل سؤال نشان‌دهنده طیف جذبی گاز هیدروژن است که وقتی نور سفید به گاز هیدروژن می‌تابد همان طول موج‌هایی که در طیف گسیلی مشاهده می‌شود، در طیف جذبی، از نور سفید جذب می‌شود. بنابراین طول موج خطوط تاریک طیف جذبی همان طول موج خطوط روشن طیف گسیلی اتم هیدروژن است.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۷ و ۱۰۹)

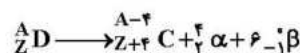
49- گزینه «۳»

(امپرسیون برارار)

با توجه به نمودار عدد جرمی و عدد اتمی دو عنصر را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم:

$$\begin{cases} Z_C = Z_D + 4 & A = Z + N \\ N_C = N_D - 8 & \rightarrow A_C = A_D - 4 \end{cases}$$

بنابراین طی واپاشی عدد اتمی ۴ واحد افزایش و عدد جرمی ۴ واحد کاهش یافته است. بنابراین معادله واپاشی به صورت زیر است.



(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۵ و ۱۱۹)

50- گزینه «۴»

(غلامرضا معنی)

در ابتدا با توان ۵۰ وات، تعداد فوتون‌های گسیلی را می‌یابیم:

$$E = Pt = nhf \quad f = \frac{c}{\lambda} \rightarrow E = Pt = \frac{nhc}{\lambda}$$

$$\frac{P = 50 \text{ W}, t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}}{\lambda = 660 \text{ nm} = 660 \times 10^{-9} \text{ m}} \rightarrow 50 \times 60 = \frac{n \times 6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{660 \times 10^{-9}}$$

$$\Rightarrow n = 1.0^{22}$$

با نصف شدن توان و در نتیجه شدت چشمه نور، تعداد فوتون‌های گسیلی نیز نصف می‌شود، به عبارتی داریم:

$$n' = \frac{1}{2}n = \frac{1}{2} \times 1.0^{22} \rightarrow n' = \frac{1}{2} \times 1.0^{22}$$

حال برای تعیین تغییر تعداد فوتون‌های گسیلی داریم:

$$\Delta n = n' - n = \frac{1}{2} \times 1.0^{22} - 1.0^{22} \Rightarrow \Delta n = -5 \times 10^{21}$$

یعنی 5×10^{21} فوتون کاهش می‌یابد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه ۹۹)

51- گزینه «۳»

(مبین رشتیان)

توان لامپ از رابطه $P = \frac{E_{\text{کل}}}{t}$ و انرژی کل گسیلی از لامپ در یک مدت

دلخواه از رابطه $E_{\text{کل}} = nE$ بدست می‌آید که n ، تعداد فوتون‌های گسیل شده در زمان موردنظر است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$E = \frac{h\nu}{\lambda} \rightarrow E_{\text{کل}} = nE = \frac{nh\nu}{\lambda} \Rightarrow P = \frac{E_{\text{کل}}}{t} = \frac{E}{t} = \frac{\lambda}{t} = \frac{nh\nu}{\lambda t}$$

ابتدا نسبت تندی انتشار امواج حاصل از لامپ A در خلأ به تندی انتشار

امواج حاصل از لامپ B در محیط به ضریب شکست $\frac{5}{2}$ را بدست می‌آوریم:

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{n_B}{n_A} = \frac{2}{5} = \frac{5}{2}$$

همچنین برای تعداد فوتون‌های گسیلی می‌توان نوشت:

$$n_A = \frac{125}{100} n_B = \frac{5}{4} n_B$$

$$P = \frac{nh\nu}{\lambda t} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{n_A}{n_B} \times \frac{v_A}{v_B} \times \frac{\lambda_B}{\lambda_A} \times \frac{t_B}{t_A}$$

$$= \frac{5}{4} \times \frac{5}{2} \times \frac{450}{600} \times \frac{0.5}{1} = \frac{75}{64}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۷ و ۹۸)

52- گزینه «۱»

(مدری زمانی)

بررسی موارد:

مورد «ا»: درست. فوتون‌هایی که باریکه لیزری را ایجاد می‌کنند، هم‌بسامد، هم‌جهت و هم‌فاز هستند.

مورد «ب»: نادرست. تندی انتشار پرتوهای لیزر، مانند پرتوهای عادی است.

مورد «پ»: نادرست. در ترازهای شبه پایدار الکترون‌ها مدت‌زمان بسیار

طولانی‌تری (10^{-3} s) نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند. این

زمان طولانی‌تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت

نور لیزر فراهم می‌کند.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۰ و ۱۱۱)

53- گزینه «۳»

(عباس اصغری)

شکل داده شده در سؤال، مربوط به مدل اتمی رادرفورد است. بر مبنای این

مدل اتمی، الکترون در حین گردش به دور هسته موج الکترومغناطیسی گسیل

می‌کند و طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از اتم، پیوسته می‌باشد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه ۱۰۴)

54- گزینه «۳»

(امیرمبین برادران)

ابتدا درصد تغییرات شعاع را به دست می آوریم:

$$r_n = a_0 n^2 \Rightarrow \text{درصد تغییرات شعاع} = \frac{n^2 - n^2}{n^2} \times 100 = \frac{25 - n^2}{n^2} \times 100$$

اکنون با استفاده از معادله ریذبرگ داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \xrightarrow{n'=5} \Delta E = \frac{hc}{\lambda} = Rhc \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\Delta E = 1.45 \text{ eV}, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}, R = 1.097 \times 10^7 (\text{nm})^{-1} \Rightarrow 45 \times 10^{-2}$$

$$= 1.097 \times 4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8 \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\frac{15}{4} \times 10^{-2} = \frac{n^2 - 25}{25n^2} \Rightarrow \frac{15}{400} = \frac{n^2 - 25}{25n^2}$$

$$\Rightarrow \text{درصد تغییرات شعاع} = \frac{-15 \times 25}{400} \times 100 = -93.75\%$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۸۱ و ۸۵)

55- گزینه «۳»

(عبادرضا امینی نسب)

چون الکترون از تراز انرژی $-1/51 \text{ eV}$ به اولین تراز انرژی برانگیخته جهش می‌کند، باید به تراز انرژی $-3/4 \text{ eV}$ برود. بنابراین داریم:

$$E_U - E_L = hf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E_U - E_L = \frac{hc}{\lambda} \quad E_U = -1/51 \text{ eV}, hc = 1240 \text{ eV.nm} \Rightarrow E_L = -3/4 \text{ eV}$$

$$-1/51 - (-3/4) = \frac{1240}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1240}{1/89} = 656.6 \text{ nm} \approx 656 \text{ nm}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۸۵ و ۸۶)

56- گزینه «۴»

(سراسری فارغ از کشور ریاضی - ۱۴۰۰)

با استفاده از رابطه بین انرژی ترازها در اتم هیدروژن داریم:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \Rightarrow \frac{E_K}{E_L} = \left(\frac{n_L}{n_K} \right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{-0.85}{-0.544} = \left(\frac{n_L}{n_K} \right)^2 \Rightarrow \frac{25}{16} = \left(\frac{n_L}{n_K} \right)^2 \Rightarrow \frac{n_L}{n_K} = \frac{5}{4}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} n_K = 4 \\ n_L = 5 \end{cases}$$

دقت کنید الکترون در تراز $n=1$ در حالت پایه قرار دارد و تراز $n=2$ ، اولین حالت برانگیخته و ... است. بنابراین $n_L = 5$ معادل با چهارمین تراز برانگیخته و $n_K = 4$ معادل با سومین تراز برانگیخته است. در نتیجه $K=2$ و $L=4$ است. (آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۸۵ و ۸۶)

57- گزینه «۴»

(عباس اصغری)

بررسی عبارت‌ها:

عبارت «ا» نادرست. در یک هسته مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده آن از جرم هسته بیشتر است. زیرا در هنگام تشکیل هسته بخشی از جرم به انرژی تبدیل شده و آزاد شده است. (انرژی بستگی هسته)

عبارت «ب» درست. ترازهای انرژی نوکلئون‌ها همانند ترازهای مربوط به الکترون‌های اطراف هسته کوانتیده هستند.

عبارت «پ» نادرست. در یک هسته ترازهای انرژی نوکلئون‌ها در محدوده keV تا MeV است.

عبارت «ت» نادرست. با افزایش تعداد پروتون‌ها (عدد اتمی) در ایزوتوپ‌های

پایدار، نسبت تعداد نوترون به پروتون $\left(\frac{N}{Z} \right)$ افزایش می‌یابد.

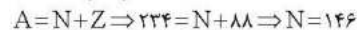
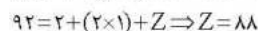
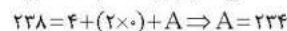
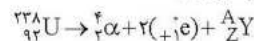
بنابراین، تعداد یک عبارت درست است.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۸۳ و ۸۵)

58- گزینه «۳»

(مصطفی کیانی)

ابتدا معادله واپاشی را می‌نویسیم و سپس مجموع عددهای اتمی و مجموع عددهای جرمی دو طرف معادله واکنش را به طور جداگانه مساوی هم قرار می‌دهیم و تعداد پروتون‌ها و تعداد نوترون‌ها را می‌یابیم:



هسته دختر، ۸۸ پروتون و ۱۴۶ نوترون دارد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۸۵ و ۸۶)

59- گزینه «۲»

(مریم شیخ‌مهر)

ابتدا تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده دو ماده را می‌یابیم:

$$m_A = \frac{m_A}{2^{n_A}} \quad m_A = m_A \cdot \frac{1}{2^{n_A}} \Rightarrow \frac{1}{2^{n_A}} = \frac{m_A}{m_A} \Rightarrow \frac{1}{2^{n_A}} = \frac{m_A}{m_A}$$

$$\Rightarrow 2^{n_A} = 8 \Rightarrow n_A = 3$$

$$m_B = \frac{m_B}{2^{n_B}} \quad m_B = m_B \cdot \frac{1}{2^{n_B}} \Rightarrow \frac{1}{2^{n_B}} = \frac{m_B}{m_B} \Rightarrow \frac{1}{2^{n_B}} = \frac{m_B}{m_B}$$

$$\frac{m_B}{64} = \frac{m_B}{2^{n_B}} \Rightarrow 2^{n_B} = 64 \Rightarrow n_B = 6$$

اکنون با استفاده از رابطه $n = \frac{t}{T_{1/2}}$ نسبت نیمه‌عمر دو ماده پرتوزا را می‌یابیم:

62- گزینه «۴»

(میثم برتانی)

ابتدا انرژی را از ژول به الکترون ولت تبدیل می‌کنیم و سپس با استفاده از رابطه $E = nhf$ و توجه به این که $f = \frac{c}{\lambda}$ است، تعداد فوتون‌ها را پیدا می‌کنیم:

$$E = \epsilon J = \epsilon J \times \frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} \Rightarrow E = 2/5 \times 10^{19} \text{ eV}$$

$$E = nhf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E = \frac{nhc}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{E\lambda}{hc}$$

$$\frac{h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}, c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}}{\lambda = 600 \text{ nm} = 600 \times 10^{-9} \text{ m}} \Rightarrow n = \frac{2/5 \times 10^{19} \times 600 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}$$

$$\Rightarrow n = 1/25 \times 10^{19}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۹۶ و ۹۹)

63- گزینه «۳»

(میثم برتانی)

می‌دانیم شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن برابر $r_n = a_0 n^2$ است. بنابراین، با توجه به این که فاصله دو مدار n و n' برابر λa_0 است، ابتدا به صورت زیر، n و n' را می‌یابیم:

$$r_n - r_{n'} = \lambda a_0 \xrightarrow{r_n = a_0 n^2, r_{n'} = a_0 n'^2} a_0 n^2 - a_0 n'^2 = \lambda a_0$$

$$\Rightarrow n^2 - n'^2 = \lambda \Rightarrow \begin{cases} n' = 1 \\ n = 2 \end{cases}$$

اکنون با داشتن n و n' با استفاده از معادله ریذریگ، λ را می‌یابیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=2, n'=1} \frac{1}{\lambda} = R \left(1 - \frac{1}{4} \right) \xrightarrow{R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \times \left(1 - \frac{1}{4} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \times \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{3}{400} \Rightarrow \lambda = 112/5 \text{ nm}$$

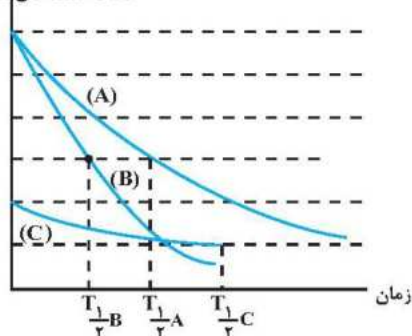
(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ و ۱۰۲)

64- گزینه «۱»

(محمدرضا سورفی)

با توجه به شکل زیر، می‌بینیم، $T_C > T_A > T_B$ است. بنابراین، در مدت زمان یکسان، انتظار داریم، جرم فعال باقیمانده ماده‌ای که نیمه‌عمر آن کوچکتر است، کمتر باشد. در این صورت داریم:

تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده



$$\frac{T_{1/2}^A}{T_{1/2}^B} = \frac{t_A}{t_B} \times \frac{n_B}{n_A} \xrightarrow{t_A = t_B} \frac{T_{1/2}^A}{T_{1/2}^B} = \frac{1}{2} \times \frac{6}{2} \Rightarrow \frac{T_{1/2}^A}{T_{1/2}^B} = 3$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۲۰ و ۱۲۱)

60- گزینه «۱»

(فسرو ارغوانی‌فر)

با توجه به نمودار داده شده بعد از گذشت مدت زمان ۴۰ سال $\frac{15}{16}$ جرم اولیه واپاشیده شده است، در نتیجه، در این مدت جرم باقیمانده

$$\text{برابر } m = m_0 - \frac{15}{16} m_0 = \frac{1}{16} m_0 \text{ است. بنابراین، ابتدا به صورت زیر، نیمه‌عمر}$$

ماده پرتوزا را حساب می‌کنیم:

$$m = \frac{m_0}{2^n} \xrightarrow{m = \frac{1}{16} m_0} \frac{1}{16} m_0 = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow 2^n = 16 = 2^4 \Rightarrow n = 4$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \xrightarrow{t = 40 \text{ سال}} 4 = \frac{40}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = 10 \text{ سال}$$

اکنون مدت زمانی را که $\frac{1}{64}$ جرم اولیه فعال باقی می‌ماند، می‌یابیم:

$$m = \frac{m_0}{2^n} \xrightarrow{m = \frac{1}{64} m_0} \frac{1}{64} m_0 = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow 2^n = 64 = 2^6 \Rightarrow n' = 6$$

$$n' = \frac{t'}{T_{1/2}} \Rightarrow 6 = \frac{t'}{10} \Rightarrow t' = 60 \text{ سال}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۲۰ و ۱۲۱)

61- گزینه «۴»

(سراسری ریاضی - ۹۹)

در این سؤال چون تمام کمیت‌ها به صورت پارامتری داده شده است، فقط می‌توان از رابطه‌ها استفاده کرد و مسأله را حل نمود، برای این منظور چون نسبت تعداد هسته‌های باقی‌مانده دو عنصر مطرح است، باید از رابطه $N = \frac{N_0}{2^n}$ استفاده کرد.

بنابراین، چون تعداد هسته‌های باقی‌مانده A، ۴ برابر تعداد هسته‌های باقی‌مانده B است، می‌توان نوشت:

$$N_A = 4 N_B \xrightarrow{N = \frac{N_0}{2^n}} \frac{N_0 \cdot A}{2^{n_A}} = 4 \frac{N_0 \cdot B}{2^{n_B}}$$

$$\xrightarrow{N_0 \cdot A = N_0 \cdot B} \frac{2^{n_B}}{2^{n_A}} = 4 \Rightarrow 2^{n_B - n_A} = 2^2 \Rightarrow n_B - n_A = 2$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه ۱۲۵)

(عبدالرضا امینی نسب)

68- گزینه «۲»

می‌دانیم در هر رشته بلندترین طول موج گسیلی به ازای گذار الکترون از $n = n' + 1$ به تراز n' و کوتاه‌ترین طول موج گسیلی به ازای گذار الکترون از تراز $n = \infty$ به تراز n' است. بنابراین در رشته پالمیر ($n' = 2$)، برای بلندترین طول موج $n = 3$ و برای کوتاه‌ترین طول موج $n = \infty$ است. در این حالت داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=3} \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = R \times \frac{9-4}{36}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{36}{\Delta R}$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=\infty} \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{4}{R}$$

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \frac{\frac{36}{\Delta R}}{\frac{4}{R}} = \frac{36}{4 \times \Delta} \Rightarrow \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = 1/\Delta$$

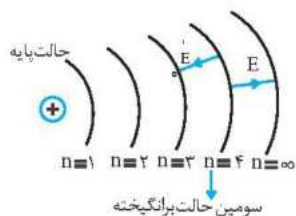
در آخر داریم:

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ و ۱۰۱)

(فروق مردانی)

69- گزینه «۳»

سومین حالت برانگیخته، یعنی الکترون در تراز $n = 4$ قرار دارد. بنابراین، با جذب پرتوئی‌ترین فوتون به تراز $n = \infty$ و با گسیل کم‌انرژی‌ترین فوتون به تراز $n' = 3$ می‌رود. در این حالت می‌توان نوشت:



$$E = E_{\infty} - E_4 \xrightarrow{E = \frac{13/6}{n^2}} E = -\frac{13/6}{\infty^2} - \left(-\frac{13/6}{4^2} \right)$$

$$E = \frac{13/6}{16} \text{ eV} \xrightarrow{13/6 \text{ eV}} E = \frac{1}{16} E_R$$

$$E' = E_4 - E_3 \Rightarrow E' = -\frac{13/6}{4^2} - \left(-\frac{13/6}{3^2} \right) = \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right) \times 13/6$$

$$\Rightarrow E' = \frac{7}{16 \times 9} \times 13/6 \text{ eV} \xrightarrow{13/6 \text{ eV}} E' = \frac{7}{16 \times 9} E_R$$

$$E - E' = \left(\frac{1}{16} - \frac{7}{16 \times 9} \right) E_R = \frac{9-7}{16 \times 9} E_R = \frac{2}{16 \times 9} E_R \Rightarrow E - E' = \frac{1}{72} E_R$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۵ و ۱۰۹)

$$T_C > T_A > T_B \Rightarrow T_{1/C} > T_{1/A} > T_{1/B} \xrightarrow{\frac{m = \frac{m_e}{\gamma^n}}{\frac{t}{T_1}}} m_C > m_A > m_B$$

دقت کنید، در رابطه $m = \frac{m_e}{\gamma^n}$ و $n = \frac{t}{T_1}$ هر چه T_1 بزرگتر باشد، حاصل

$$n = \frac{t}{T_1}$$

کمتر می‌شود در نتیجه حاصل γ^n نیز کمتر خواهد شد، در نتیجه

مقدار m بزرگتر می‌گردد.

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۸۰ و ۸۱)

65- گزینه «۴»

(مبهم برنابی)

بلندترین طول موج گسیلی در گذار الکترون از تراز $n' + 1$ به تراز n' پدست می‌آید. بنابراین، باید الکترون از تراز $n = 3$ به تراز $n' = 2$ برود. در این حالت داریم:

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

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{100} \times \frac{9-4}{36} \Rightarrow \lambda = \frac{100 \times 36}{5}$$

بلندترین طول موج جذبی در حالتی است که الکترون از تراز n' به تراز $n' + 1$ برود. بنابراین باید الکترون از تراز $n' = 3$ به تراز $n = 4$ برود. در این حالت داریم:

$$\frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=4} \frac{1}{\lambda'} = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{9} - \frac{1}{16} \right)$$

$$= \frac{1}{100} \times \frac{16-9}{9 \times 16} \Rightarrow \lambda' = \frac{100 \times 9 \times 16}{7}$$

در آخر داریم:

$$\frac{\text{بلندترین طول موج گسیلی}}{\text{بلندترین طول موج جذبی}} = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\frac{100 \times 36}{5}}{\frac{100 \times 9 \times 16}{7}}$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{100 \times 36 \times 7}{100 \times 9 \times 16 \times 5} = \frac{7}{20}$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۰۰ و ۱۰۲)

66- گزینه «۳»

(فروق مردانی)

(آ) درست است.

(ب) نادرست است. باید انرژی فوتون ورودی برابر اختلاف انرژی دو تراز باشد.

(پ) نادرست است. مدت زمانی معمولاً بیشتر است.

(ت) نادرست است. تعداد الکترون‌ها بیشتر است.

بنابراین تعداد ۳ عبارت نادرست است.

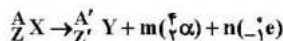
(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۰ و ۱۱۱)

67- گزینه «۲»

(مبهم برنابی)

ابتدا معادله واکنش واپاشی را می‌نویسیم و سپس مجموع عددهای جرمی و مجموع عددهای اتمی دو طرف معادله واکنش را به طور جداگانه مساوی هم قرار می‌دهیم.

دقت کنید، بتای منفی همان ${}_{-1}^0 e$ است.



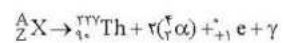
$$A' = A - 16 \quad Z' = Z + 2$$

$$A = A' - 16 + (m \times 4) + (n \times 0) \Rightarrow 16 = 4m \Rightarrow m = 4$$

$$Z = Z' + 2 + (4 \times 2) + (-1 \times n) \Rightarrow 0 = 2 + 8 - n \Rightarrow n = 10$$

(آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۵ و ۱۱۹)

ابتدا معادله واکنش را به صورت زیر نوشته و سپس، مجموع عددهای جرمی و مجموع عددهای اتمی دو طرف معادله واکنش را به صورت جداگانه مساوی هم قرار می‌دهیم. دقت کنید پوزیترون همان بتای مثبت یا e^+_{+1} است.



$$A = 227 + (2 \times 4) + 0 + 0 \Rightarrow A = 235$$

$$Z = 90 + (2 \times 2) + 1 + 0 \Rightarrow Z = 95$$

اکنون تعداد نوترون‌های هسته مادر را می‌یابیم:

$$A = Z + N \Rightarrow 235 = 95 + N \Rightarrow N = 140$$

(کتابی یا فیزیک اتمی و هسته‌ای) (فیزیک ۳، صفحه‌های ۱۱۹ و ۱۲۰)



1- چه تعداد از موارد زیر نادرست است؟

- الف) مدل موجی نور، تمام ویژگی‌های نور را در بر دارد و قادر است توجیه درستی از تمام پدیده‌های فیزیکی مرتبط برهم‌کنش نور با ماده را ارائه کند.
 ب) مکانیک نیوتونی، نظریه الکترومغناطیسی ماکسول و پدیده فوتوالکتریک با فیزیک کلاسیک قابل توجیه هستند.
 پ) نسبیت خاص، مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش است.
 ت) مطابق فیزیک کلاسیک، به ازای یک پسماند معین، اگر شدت نور فرودی بر سطح فلز را افزایش دهیم باید الکترون‌ها با انرژی جنبشی بیش‌تری از سطح فلز خارج شوند.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

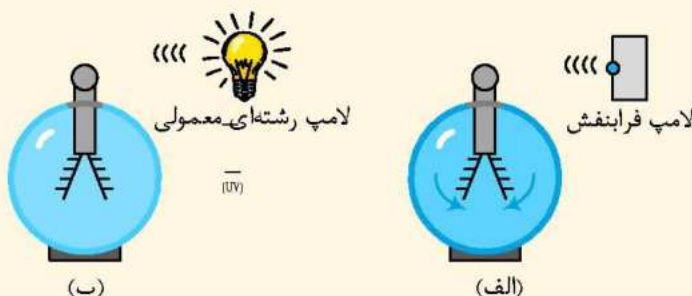
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۷	۱	۸	سوال	دوازدهم	آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای	پیش نیاز و ترکیب	۵	۵	سختی	ساده

بچه‌ها در هیچ درسی از متن کتاب درسی غافل نشوید. حالا منطبق بر متن کتاب درسی، درسنامه زیر رو بخون:

تا دهه‌های پایانی قرن نوزدهم، بیش‌تر حوزه‌های فیزیک، از جمله مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریه الکترومغناطیس ماکسول که امروزه با نام فیزیک کلاسیک از آن‌ها یاد می‌شود به صورت‌بندی نهایی خود رسیده بود و به نظر می‌رسید که در توصیف گسترده وسیعی از پدیده‌های فیزیکی کاملاً موفق‌اند. با این حال در آن سال‌ها، پدیده‌هایی مشاهده و آزمایش‌هایی انجام شد که تبیین کامل و درست آن‌ها با نظریه‌های فیزیک کلاسیک ممکن نبود و سبب تغییرات بنیادی در دیدگاه فیزیک‌دانان نسبت به توضیح رفتار برخی از پدیده‌های فیزیکی شد. به‌طوری که در سه دهه آغازین قرن بیستم، نتایج این تلاش‌ها به نظریه نسبیت خاص (مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه 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. اندکی پس از ظهور این نظریه‌ها، شاخه‌های دیگری مانند فیزیک هسته‌ای، فیزیک ذرات بنیادی و کیهان‌شناسی به تدریج به‌وجود آمدند.
 در فیزیک هسته‌ای با ساختار، برهم‌کنش‌ها و واپاشی هسته‌های اتمی سروکار داریم. بخش عمده‌ای از پیشرفت فیزیک هسته‌ای، مدیون تحلیل نتایج آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌هایی که طی قرن گذشته توسط دانشمندانی از حوزه‌های فیزیک و شیمی انجام شده است. آنچه بیش از همه منجر به گسترش فیزیک هسته‌ای شد، به تحولاتی مربوط است که با ساخت شتاب دهنده‌های ذرات در سال ۱۹۳۲ میلادی آغاز شد.

اثر فوتوالکتریک و فوتون

اگر بر کلاهک برق‌نمایی با بار منفی، نور فرابنفشی تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد (شکل ۱ الف) در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما رخ نمی‌دهد (شکل ۱ ب). چرا این پدیده‌ها اتفاق می‌افتد؟ آزمایش نشان می‌دهد وقتی نوری با پسماند مناسب مانند نور فرابنفش به سطحی فلزی بتابد الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند (شکل ۲). این پدیده فیزیک را، اثر فوتوالکتریک و الکترون‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترئون می‌نامند.



شکل ۱: الف) برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق‌نما سبب می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به هم نزدیک شوند. ب) در حالی که برهم‌کنش نور مرئی گسیل شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به‌وجود نمی‌آورد.



شکل ۲: الکترون‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند. همان‌طور که در فصل ۳ دیدیم؛ نور، موجی الکترومغناطیسی است. بنابراین می‌توان انتظار داشت هنگام برهم‌کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ به الکترون‌های فلز وارد کند و آن‌ها را به نوسان وا دارد. به این ترتیب، وقتی دامنه نوسان برخی از الکترون‌ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند. بنابه این دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

یکی دیگر از پیامدهای نظریه الکترومغناطیسی ماکسول این است که شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است $(I \propto A^2)$. 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. شکست مدل موج الکترومغناطیسی در توضیح برخی پدیده‌ها مانند اثر فوتوالکتریک به این معنی نیست که مدل موجی نور باید کنار گذاشته شود. ولی، باید متوجه باشیم که مدل موجی، تمام ویژگی‌های نور را در بر ندارد و به همین دلیل قادر نیست توجیه درستی از تمامی پدیده‌های فیزیکی مرتبط با برهم‌کنش نور با ماده را ارائه کند.

باتوجه به درسامه بالا داریم:

الف) نادرست ب) نادرست پ) نادرست ت) درست

گروه آموزشی ماز

2- انرژی فوتون A، ۶۰ درصد کم‌تر از انرژی فوتون B است. اگر مجموع طول موج این دو فوتون $1/4$ میکرومتر باشد، اختلاف بسامد این دو فوتون چند

تراهرتز است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

۴) ۲۵ ۳) ۲۵۰ ۲) ۴۵ ۱) ۴۵۰

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۷	۶	سوال	دوازدهم	انرژی فوتون	ترکیب و ترکیب	۵	۵	۵	متوسط

انیشتین فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی، فوتون نام دارد که دارای انرژی‌ای است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{تندی انتشار نور در خلأ} \left(\frac{m}{s} \right) & & \text{بسامد نور فرودی (Hz)} \\
 \updownarrow & & \updownarrow \\
 E = \frac{hc}{\lambda} & \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} & E = hf \\
 \updownarrow & & \updownarrow \\
 \text{طول موج نور فرودی (m)} & & \text{انرژی فوتون (J)}
 \end{array}$$

ثابت پلانک $(J \cdot s)$

* تندی انتشار نور در خلأ، $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ است.

* ثابت پلانک نامیده می‌شود که مقدار آن در SI، $h = 6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$ است.

الکترون - ولت: ژول واحد بسیار بزرگی است. بنابراین برای بیان انرژی فوتون از واحد کوچک‌تری به نام الکترون - ولت (eV) استفاده می‌کنیم.

یک الکترون - ولت، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی یک الکترون در جابه‌جایی بین دو نقطه با اختلاف پتانسیل یک ولت است:

$$|\Delta v| = \left| \frac{\Delta u}{q} \right| \Rightarrow 1eV = 1/6 \times 10^{-19} J$$

* تبدیل ژول و الکترون - ولت به هم:

$$J \xleftrightarrow[\times \sqrt{6 \times 10^{-19}}]{\div \sqrt{6 \times 10^{-19}}} eV$$

بچه‌ها از فیزیک یازدهم یادتان هست که ولت \times کولن = ژول.

نکته: یکای ثابت پلانک $J \cdot s$ بود که می‌توان برحسب $eV \cdot s$ بیان کرد:

$$h = 6.63 \times 10^{-34} J \cdot s \times \frac{1 eV}{1.6 \times 10^{-19} J} = 4.14 \times 10^{-15} eV \cdot s$$

* اگر h برحسب $eV \cdot s$ و تندی نور در خلأ برحسب $\frac{nm}{s}$ باشد، داریم:

$$hc = 4.14 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8 \times 10^9 = 1240 eV \cdot nm$$

eV · s برحسب h nm برحسب c

بچه‌ها باتوجه به متن کتاب درسی، توصیه می‌کنم، $hc = 1240 eV \cdot nm$ را حفظ باشید.

انرژی فوتون A، ۶۰ درصد کمتر از انرژی فوتون B است پس:

$$E_A = \frac{1}{4} E_B \xrightarrow{E = \frac{hc}{\lambda}} \frac{hc}{\lambda_A} = \frac{1}{4} \frac{hc}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_A = \frac{4}{1} \lambda_B \quad (1)$$

$$\lambda_A + \lambda_B = 1/4 \times 10^{-6} m \xrightarrow{(1)} \frac{5}{1} \lambda_B = 1/4 \times 10^{-6} \Rightarrow \lambda_B = 0.4 \times 10^{-6} m$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \xrightarrow{(1)} f_A = \frac{1}{4} f_B \quad \text{اختلاف بسامد دو فوتون} \quad \Delta f = f_B - f_A = f_B - \frac{1}{4} f_B$$

$$\Rightarrow \Delta f = \frac{3}{4} f_B = \frac{3}{4} \times \frac{c}{\lambda_B} = \frac{3}{4} \times \frac{3 \times 10^8}{0.4 \times 10^{-6}} = 4.5 \times 10^{14} Hz \Rightarrow \Delta f = 45 THz$$

ریاضی خارج ۱۴۰۰

انرژی فوتون A، $2/5$ برابر انرژی فوتون B است. اگر اختلاف بسامد این دو فوتون $9 \times 10^{14} Hz$ باشد، طول موج فوتون A، چند میکرومتر است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

۱) ۳۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۰/۳ ۴) ۰/۲

پاسخ:

$$E_A = \frac{2}{5} E_B \xrightarrow{E = hf} f_A = \frac{2}{5} f_B \quad (1)$$

$$\text{اختلاف بسامد دو فوتون} \quad \Delta f = f_A - f_B = \frac{2}{5} f_B - f_B = \frac{3}{5} f_B = 9 \times 10^{14} \Rightarrow f_B = 6 \times 10^{14} Hz$$

$$\xrightarrow{(1)} \lambda_A = \frac{5}{2} \lambda_B = \frac{5}{2} \times \frac{c}{f_B} = \frac{5}{2} \times \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{14}} = 0.25 \times 10^{-6} m$$

$\Rightarrow \lambda_A = 0.25 \mu m \Rightarrow$ گزینه ۴ درست است.

3- یک لامپ رشته‌ای با توان مصرفی 5kw در فاصله 1km از ناظری قرار دارد. بازده لامپ 40 درصد است و فقط 20 درصد این تابش دارای طول موجی در محدوده 660nm است. در مدت زمان 3s چه تعداد فوتون با این طول موج وارد مردمک‌های چشم ناظر می‌شود؟

$$(h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{ قطر مردمک} = 4 \text{ mm})$$

$$8 \times 10^9 \quad (4)$$

$$8 \times 10^8 \quad (3)$$

$$4 \times 10^8 \quad (2)$$

$$4 \times 10^9 \quad (1)$$

گزینه 4

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه	میزان
درجه از 1 تا 4	1 تا 4	1 تا 4	1 تا 4	سوال	دوازدهم	انرژی موج	ترکیب و ترکیب	فصل 3 دوازدهم	2	سه	سه

کمیت کوانتومی (گسسته): کمیتی است که مضرب درستی از مقدار پایه یا کوانتوم آن کمیت است. یادتان هست که در فیزیک یازدهم، بار الکتریکی (q) کمیتی کوانتومی بود و کوانتوم آن (مقدار پایه) برابر با بار الکتریکی یک الکترون ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$) بود ($q = ne$). در مورد انرژی موج الکترومغناطیسی هم می‌توان گفت که کمیتی کوانتومی است و مضرب درستی از انرژی یک فوتون (hf) می‌باشد:

$$E = nhf = nh \frac{c}{\lambda}$$

انرژی هر فوتون

← انرژی موج الکترومغناطیسی

تعداد فوتون‌ها

نکته: توان تابشی یک نور تک‌فام با بسامد f را به کمک رابطه زیر به دست می‌آوریم:

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

انرژی موج (J)

← توان تابشی (w)

مدت زمان (s)

حالا که توان تابشی رو بلد شدی، شدت تابشی یک نور تک‌فام رو هم یاد بگیر:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{At} \Rightarrow I = \frac{nhf}{At} = \frac{nhc}{\lambda At}$$

نکته مهم: اگر یک چشمه نوری با توان تابشی P، امواج الکترومغناطیسی را به صورت یکنواخت در فضای اطرافش پخش کند و K درصد توان آن به سطحی به مساحت A که در فاصله R از آن قرار دارد برسد، آنگاه توان دریافتی توسط سطح A برابر است با:

$$P_{\text{دریافتی}} = \left(\frac{A}{4\pi R^2} \right) \times \left(\frac{K}{100} P_{\text{چشمه}} \right) \xrightarrow[\text{شعاع } r \text{ باشد: } A = \pi r^2]{\text{اگر سطح A دایره‌ای به}} P_{\text{دریافتی}} = \left(\frac{r^2}{4R^2} \right) \times \left(\frac{K}{100} P_{\text{چشمه}} \right)$$

بازده لامپ 40 درصد است و فقط 20 درصد این تابش در محدوده طول موج 660nm است. امیدوارم حواستان باشد که باید مساحت مردمک چشم را دو برابر کنیم، چون ناظر دوتا چشم دارد:

$$P_{\text{دریافتی}} = \left(\frac{r^2}{4R^2} \right) \times \left(\frac{0.4 \times 0.2 \times P_{\text{لامپ}}}{100} \right) \xrightarrow{A = \pi r^2} P_{\text{دریافتی}} = \left(\frac{r^2}{4R^2} \right) \times (0.08 P_{\text{لامپ}})$$

$$\frac{R=1\text{km}=10^3\text{m}}{r=2\text{mm}=2\times 10^{-3}\text{m}} \rightarrow P_{\text{دریافتی}} = \left(\frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^6} \right) \left(0.8 \times 5 \times 10^3 \right) = 8 \times 10^{-10} \text{W}$$

$$P_{\text{دریافتی}} = \frac{E_{\text{دریافتی}}}{t} \Rightarrow E_{\text{دریافتی}} = 8 \times 10^{-10} \times 3 = 24 \times 10^{-10} \text{J} \xrightarrow{E = \frac{nhc}{\lambda}}$$

$$24 \times 10^{-10} = \frac{n \times 6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6.6 \times 10^{-7}} \Rightarrow 24 \times 10^{-10} = n \times 3 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 8 \times 10^9$$

گروه آموزشی ماز

4- پرتوی نوری از خلأ وارد محیطی می‌شود و در آن محیط، طول موجش ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. انرژی وابسته به هر فوتون آن چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) $\frac{4}{3}$ برابر می‌شود. (۲) $\frac{16}{9}$ برابر می‌شود. (۳) $\frac{1}{4}$ برابر می‌شود. (۴) ثابت می‌ماند.

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۸	۴	۶	سوال	دوازدهم	انرژی فوتون	پیش نیاز و ترکیب			سه	متوسط

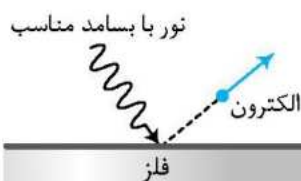
نکته: با تغییر محیط، تندی موج تغییر می‌کند و چون فرکانس چشمه ثابت است، پس طول موج هم به همان نسبت تندی تغییر می‌کند و انرژی هر فوتون ثابت می‌ماند.

$$\begin{aligned} E &= \frac{h\nu}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\lambda_1 f}{\lambda_2 f} = 1 \Rightarrow E_2 = E_1 \\ & \text{(UV)} \end{aligned}$$

طبق نکته بالا، انرژی وابسته به هر فوتون ثابت است.

www.biomaze.ir

5- مطابق شکل زیر، نور با بسامد مناسب را به صفحه فلزی تابانده‌ایم و پدیده فوتوالکتریک رخ داده است. اگر بسامد نور را افزایش و شدت آن را کاهش دهیم، تعداد فوتوالکتران‌های گسیل شده و نیز انرژی جنبشی آن‌ها به ترتیب از راست به چپ، چگونه تغییر می‌کند؟



- (۱) کاهش - افزایش
(۲) افزایش - کاهش
(۳) افزایش - افزایش
(۴) کاهش - کاهش

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۷	۴	۷	سوال	دوازدهم	فوتوالکتریک	پیش نیاز و ترکیب			سه	متوسط

بنابر نظر انیشتین، وقتی نور تک‌فام بر سطح فلزی می‌تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون‌های فلز برهم‌کنش می‌کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به‌طور آبی از آن گسیل می‌شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می‌شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می‌شود.

اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه (که به جنس فلز بستگی دارد) کمتر باشد، فوتون‌ها، حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از فلز را ندارند و پدیده فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. همچنین برای نوری که فوتون‌های آن دارای حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیده فوتوالکتریک هستند، افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد) فقط سبب افزایش تعداد فوتون‌ها و در نتیجه افزایش تعداد فوتوالکتران‌ها می‌شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکتران‌ها بدون تغییر می‌ماند.

باتوجه به رابطه $I = \frac{E}{A \cdot t}$ ، شدت پرتوهای تابیده شده به انرژی پرتوها بستگی دارد و باتوجه به اینکه $E = nhf$ ، انرژی پرتوها نیز به تعداد فوتون‌ها و بسامد آن‌ها بستگی دارد.

پس می‌توان نتیجه گرفت که شدت نور متناسب با nf است:

$$I_2 < I_1 \Rightarrow n_2 f_2 < n_1 f_1 \xrightarrow{f_2 > f_1} n_2 < n_1 \quad (۱)$$

باتوجه به درسنامه، انرژی جنبشی فوتوالکتران‌ها به فرکانس فوتون‌های تابشی بستگی دارد و چون فرکانس افزایش یافته، انرژی جنبشی فوتوالکتران‌ها نیز افزایش می‌یابد. اما باتوجه به (۱)، تعداد فوتوالکتران‌ها کاهش یافته است. پس در حالت دوم، تعداد فوتوالکتران‌ها کاهش و انرژی جنبشی آن‌ها افزایش می‌یابد.

6 - الکترونی در اتم هیدروژن پرتویی در رشته پراکت تابش می‌کند. فوتونی با چه طول موج برحسب آنگستروم به اتم تابیده شود تا اتم یونیده شود؟

$$(hc \ 1242 \text{ eV} \cdot \text{nm}, E_R \ 13/5 \text{ eV})$$

۱۴۷۲۰ (۴)

۷۳۶۰۰ (۳)

۱۴۷۲ (۲)

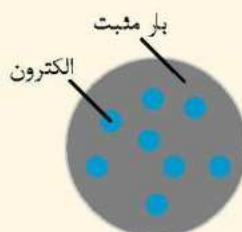
۷۳۶۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۵	۷	سوال	دوازدهم	ترازهای انرژی	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	متوسط

مدل اتمی تامسون:

تامسون اولین شخصی بود که موفق به کشف الکترون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون شد. طبق مدل اتمی تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند، در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی کیک کشمشی هم می‌گویند. اگر نگاهی به شکل زیر بیندازید، دلیل این نام‌گذاری را متوجه می‌شوید.



نارسایی مدل تامسون:

در مدل تامسون، الکترون‌ها با بسامدهای معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند و این نوسان سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شود، یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش شده از اتم که این مدل پیش‌بینی می‌کرد با نتایج تجربی سازگار نبود. نارسایی دیگر مدل تامسون این بود که نمی‌توانست نتایج حاصل از آزمایش ورقه طلای رادرفورد را توجیه کند.

مدل اتمی رادرفورد:

رادرفورد برای بررسی مدل اتمی تامسون آزمایشی را مطابق شکل زیر انجام داد. در این آزمایش باریک‌های از ذرات آلفا (هسته اتم هلیوم) به سطح ورقه بسیار نازکی از طلا تابانده می‌شود. همان طور که در شکل زیر می‌بینید تعداد زیادی از ذره‌ها بدون انحراف و یا با انحراف کم از ورقه طلا عبور می‌کنند و در برخورد با صفحه فلز نوسان، در پشت ورقه جرقه‌های نورانی تولید می‌کنند. اما برخی از ذره‌های آلفا در هنگام خروج از ورقه طلا در زاویه‌های بزرگ منحرف و پراکنده می‌شوند و حتی تعدادی از آن‌ها به عقب برمی‌گردند. رادرفورد از این آزمایش نتیجه گرفت که اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک ($r \approx 10^{-15} \text{ m}$) است که با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است. مدل اتمی رادرفورد را مدل هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.



نارسایی مدل رادرفورد:

(۱) عدم توجیه پایداری حرکت الکترون: اگر الکترون نسبت به هسته ساکن باشد، باید تحت اثر نیروی ربایشی الکتریکی بین هسته و الکترون، روی هسته سقوط کند، که با واقعیت مطابقت ندارد و اگر مانند سیاره‌های منظومه خورشیدی که به دور خورشید می‌چرخند الکترون به دور هسته بچرخد باز هم حرکت الکترون ناپایدار خواهد بود. زیرا در این حالت حرکت الکترون شتابدار است و همان طور که می‌دانید حرکت شتابدار ذرات باردار باعث گسیل امواج الکترومغناطیسی می‌شود و با گسیل امواج الکترومغناطیسی انرژی الکترون به تدریج کاهش یافته و شعاع چرخش آن نیز به تدریج کم شده و باز هم الکترون بر روی هسته سقوط می‌کند.

(۲) عدم توجیه طیف گسسته اتم: همانطور که گفتیم طبق مدل رادرفورد اگر الکترون به صورت شتابدار به دور هسته بچرخد، امواج الکترومغناطیسی گسیل می‌کند، با کاهش انرژی الکترون شعاع چرخش آن به تدریج کمتر شده و بسامد امواج الکترومغناطیسی گسیل شده به تدریج افزایش می‌یابد و به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده، پیوسته باشد که با واقعیت ناسازگار است. به شکل زیر دقت کنید:



مدل بور:

بور مدل اتمی خود را بر مبنای سه اصل زیر مطرح کرد: اصل ۱: مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند. طبق مدل بور شعاع مدارها در اتم هیدروژن به کمک رابطه مقابل به دست می‌آید:

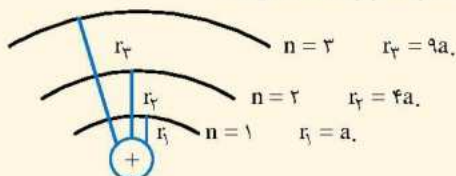
$$r_n = an^2$$

r_n ← شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن بر حسب متر (m)

a ← شعاع کوچک‌ترین مدار در اتم هیدروژن که به آن شعاع بور نیز می‌گویند. $(a = 5/29 \times 10^{-11} \text{ m})$

n ← به شماره مداری که الکترون روی آن قرار دارد.

نکته: با توجه به مدل بور شعاع لایه‌های مختلف اتم هیدروژن به صورت شکل مقابل است. همان طور که می‌بینید با افزایش n فاصله شعاع لایه‌ها افزایش می‌یابد. طبق مدل بور انرژی الکترون در مدارهای اتم هیدروژن به کمک رابطه زیر به دست می‌آید:



$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \quad (\text{ترانه‌های انرژی الکترون در اتم هیدروژن})$$

E_n ← انرژی الکترون در هر لایه از اتم هیدروژن بر حسب ژول یا الکترون ولت

E_R ← انرژی الکترون در اولین مدار اتم هیدروژن $(E_R = 13.6 \text{ eV})$

n ← شماره مداری که الکترون روی آن قرار دارد.

نکته: با توجه به مدل بور انرژی الکترون در لایه‌های مختلف اتم هیدروژن به صورت شکل زیر است. همان طور که می‌بینید با افزایش n فاصله انرژی لایه‌ها کاهش می‌یابد.

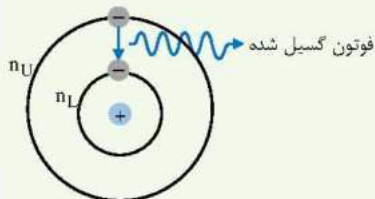
$n = \infty$	$E_{\infty} = 0$
$n = 5$	$E_5 = -0.54 \text{ eV}$
$n = 4$	$E_4 = -0.85 \text{ eV}$
$n = 3$	$E_3 = -1.51 \text{ eV}$
$n = 2$	$E_2 = -3.4 \text{ eV}$
$n = 1$	$E_1 = -13.6 \text{ eV}$

نکته: توصیه می‌کنیم برای سرعت در پاسخ‌گویی به سؤالات این قسمت، انرژی الکترون در پنج لایه اول را به خاطر بسپارید.

اصل ۲: وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

اصل ۳: الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L ، یک فوتون تابش می‌شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است و داریم:

$$E_U - E_L = hf \quad (\text{معادله گسیل فوتون از اتم})$$



E_U ← انرژی الکترون در لایه بالاتر

E_L ← انرژی الکترون در لایه پایین‌تر

hf ← انرژی فوتون گسیل شده

نکته:

- هنگامی که الکترون در پایین‌ترین تراز انرژی ($n=1$) قرار گرفته است، در اصطلاح می‌گویند الکترون در حالت پایه قرار دارد و هنگامی که الکترون در ترازهای انرژی بالاتر ($n=2, 3, \dots$) قرار می‌گیرد، در اصطلاح می‌گویند الکترون برانگیخته شده است.
- هنگامی که الکترون از یک لایه با انرژی بیشتر (E_U) به لایه‌ای با انرژی کمتر (E_L) منتقل می‌شود، فوتون گسیل می‌کند و برای این که الکترون از لایه‌ای با انرژی کمتر (E_L) به لایه‌ای با انرژی بیشتر (E_U) منتقل شود باید فوتون جذب کند. به عبارت دیگر داریم:



- در اتم هیدروژن انرژی مورد نیاز برای انتقال الکترون از حالت پایه ($n=1$) به بالاترین حالت برانگیخته ($n=\infty$) برابر 13.6 eV است. صرف این مقدار انرژی باعث جدا شدن الکترون از اتم می‌شود، به این انرژی در اصطلاح انرژی یونش می‌گویند. برای به دست آوردن انرژی یونش الکترون‌هایی که در لایه‌های مختلف اتم هیدروژن قرار می‌گیرند می‌توانیم به صورت روبه‌رو عمل کنیم:

$$\left. \begin{aligned} E_n &= \frac{-E_R}{n^2} \\ E_\infty &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta E = E_\infty - E_n = \frac{E_R}{n^2}$$

کنکور ۱۴۰۰ رشته ریاضی

الکترون در اتم هیدروژن در حالت پایه قرار دارد. انرژی لازم برای اینکه الکترون از حالت پایه به اولین حالت برانگیخته جهش کند، چند ژول است؟

$$(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, E_R = 13.6 \text{ eV})$$

$$3/176 \times 10^{-18} \quad (2)$$

$$1/632 \times 10^{-18} \quad (1)$$

$$5/44 \times 10^{-19} \quad (4)$$

$$4/72 \times 10^{-19} \quad (3)$$

پاسخ: گزینه ۱

اولین حالت برانگیخته همان لایه $n=2$ می‌باشد. بنابراین:

$$\begin{aligned} \Delta E &= -E_R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n^2} \right) = -13.6 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) \\ &= -13.6 \times -\frac{3}{4} = 10.2 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \times 10.2 = 1.632 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

موفقیت‌های مدل بور:

- توضیح چگونگی حرکت الکترون‌ها در اتم
- توضیح پایداری اتم و توضیح چگونگی ایجاد طیف‌های گسیلی و جذبی گاز هیدروژن
- محاسبه انرژی یونش اتم هیدروژن که توافق بسیار خوبی با مقدار تجربی دارد.
- مدل اتمی بور علاوه بر هیدروژن برای اتم‌هایی که تنها یک الکترون دارند نیز صادق است، مانند Li^{2+} . به این اتم‌ها در اصطلاح اتم‌های هیدروژن‌گونه می‌گویند.

نارسایی‌های مدل بور:

- مدل بور برای اتم‌هایی با بیش از یک الکترون کاربرد ندارد.
 - مدل بور نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد.
- به تست کنکور سال ۱۴۰۰ رشته ریاضی دقت کنید:

کدام یک از موارد زیر را نمی‌توان برای اتم‌های هیدروژن‌گونه، با استفاده از مدل اتمی بور توجیه کرد؟

- تبیین پایداری اتم
- طول موج‌های گسیلی طیف اتم
- گسسته بودن ترازهای انرژی الکترون در اتم
- تفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی اتم

پاسخ: گزینه ۴

با توجه به توضیحات بالا، گزینه ۴ صحیح است.

وقتی الکترون اتم هیدروژن فوتونی در رشته برکت تابش می‌کند یعنی الکترون به تراز $n=4$ رسیده است. برای یونیده شدن باید الکترون از تراز $n=4$ به تراز $n=\infty$ برود. داریم:

$$E = E_{\infty} - E_n = - \left(- \frac{E_R}{n^2} \right) = + \frac{E_R}{n^2}$$

$$\xrightarrow{n=4} E = + \frac{E_R}{(4)^2} = \frac{E_R}{16} = \frac{13/5}{16}$$

حال طول موج فوتون را محاسبه می‌کنیم:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \frac{13/5}{16} = \frac{1242}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{16 \times 1242}{13/5} = 1472 \text{ (nm)}$$

$$\rightarrow \lambda = 1472 \text{ (Å)}$$

گروه آموزشی ماز

7- در اتم هیدروژن، انرژی الکترون در مدار n، برابر با -0.544 (eV) است. اگر این الکترون به مدارهای پایین‌تر برود، بلندترین طول موج فوتون‌های گسیلی آن تقریباً چند نانومتر است؟ ($hc = 1240 \text{ (eV.nm)}$, $E_R = 13/6 \text{ (eV)}$)

(۱) $2026/15$ (۲) $1458/82$ (۳) $4052/29$ (۴) $2917/64$

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سختی
درجه از ۱۰۰	۶	۸	۸	سوال	دوازدهم	ترازهای انرژی				سختی	سختی

ابتدا با استفاده از رابطه ترازهای انرژی الکترون، n را محاسبه می‌کنیم. داریم:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \quad E_n = -0.544 \text{ (eV)} \rightarrow -0.544 = \frac{-13/6}{n^2} \rightarrow n^2 = \frac{-13/6}{-0.544} = 25$$

جذر بگیریم

$$n = \sqrt{25} = 5 \rightarrow n = 5$$

مشخص شد که الکترون ابتدا در تراز $n = 5$ قرار دارد. با گذار الکترون از این تراز به ترازهای پایین‌تر، زمانی بلندترین طول موج تابش می‌شود که الکترون به تراز $n = 4$ برود.

مجدداً به کمک رابطه ترازهای انرژی الکترون، انرژی تراز ۴ را محاسبه می‌کنیم:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \xrightarrow{n=4} E_4 = \frac{-13/6}{4^2} = \frac{-13/6}{16} = -0.85 \text{ (eV)}$$

$$\Delta E = E_5 - E_4 = -0.544 - (-0.85) = 0.306 \text{ (eV)}$$

برای محاسبه بلندترین طول موج فوتون‌های گسیلی خواهیم داشت:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{1240 \text{ (eV.nm)}}{0.306 \text{ (eV)}}$$

$$\lambda = \frac{1240}{0.306} = 4052/29 \text{ (nm)}$$

گروه آموزشی ماز

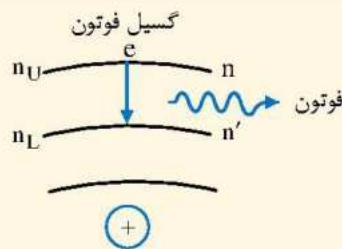
8- چه تعداد از طیف‌های گسیلی اتم هیدروژن که در زیر آورده شده‌اند، در ناحیه طیف فروسرخ قرار دارد؟

الف) پاشن (ب) لیمان (پ) بالمر (ت) پفوند (ث) براکت
(۱) ۴ (۲) ۳ (۳) ۲ (۴) ۱

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سادگی
درجه از ۱۰۰	۵	۱	۶	سوال	دوازدهم	معادله ریچرگ				سختی	ساده

مطابق شکل روبه‌رو هنگامی که در یک اتم الکترون از لایه‌ای به لایه پایین‌تر منتقل می‌شود، فوتونی با بسامد f و طول موج λ گسیل می‌کند. برای به دست آوردن طول موج فوتون گسیل شده در اتم هیدروژن می‌توانیم از رابطه زیر استفاده کنیم:



معادله ریدبرگ

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{یا} \quad \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

λ ← طول موج فوتون گسیل شده بر حسب نانومتر (nm)

R ← ثابت ریدبرگ ($R \approx 0.01 \text{ (nm)}^{-1}$)

n_L یا n' ← به شماره لایه مقصد (لایه پایین‌تر)

n_U یا n ← به شماره لایه مبدأ (لایه بالاتر)

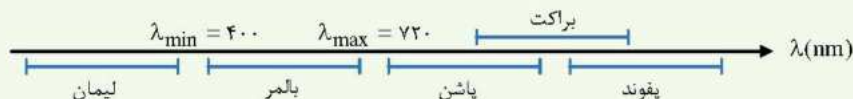
نکته: در رابطه ریدبرگ اگر R بر حسب $(\text{nm})^{-1}$ جای‌گذاری شود، λ بر حسب (nm) به دست می‌آید که معمولاً در سؤالات کنکور طول موج بر حسب نانومتر خواسته می‌شود و نیازی به تبدیل واحد نیست.

بر مبنای لایه مقصد فوتون‌های گسیلی از اتم هیدروژن گروه‌بندی می‌شوند. به هر گروه در اصطلاح یک رشته اتمی گفته می‌شود و هر رشته را با نام یک دانشمند نام‌گذاری می‌کنند. به طور مثال اگر الکترون‌ها از لایه بالاتر به لایه شماره (۱) منتقل شوند، رشته مورد نظر را رشته لیمان می‌نامند و به الکترون‌ها و فوتون‌های مورد نظر الکترون لیمان یا فوتون لیمان می‌گویند. در جدول زیر نام رشته‌های مختلف به همراه پرتو گسیل شده، مشخص است.

نام طیف	مقدار n'	رابطه ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیه طیف
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۳, ۴, ۵, ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۴, ۵, ۶, ...	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۵, ۶, ۷, ...	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۶, ۷, ۸, ...	فروسرخ

نکته همان‌طور که گفتیم اگر در اتم هیدروژن الکترون از لایه‌های ۲, ۳, ۴, ... به لایه شماره (۱) بیاید به تمام فوتون‌های گسیل شده سری لیمان می‌گویند. حال اگر الکترون از یک لایه بالاتر از لایه n_L به طور مثال از لایه (۲) به لایه (۱) بیاید، فوتون گسیل شده دارای کمترین انرژی، کمترین بسامد و بیشترین طول موج است و اگر از لایه $n_U = \infty$ به لایه n_L بیاید، فوتون مورد نظر دارای بیشترین انرژی، بیشترین بسامد و کمترین طول موج است.

نکته: با توجه به رابطه ریدبرگ مربوط به رشته بالمر، کمترین و بیشترین طول موج بالمر به ترتیب برابر 400 nm و 720 nm است و طول موج بقیه فوتون‌های گسیلی در رشته بالمر بین این دو مقدار است. در نمودار زیر کمترین و بیشترین طول موج رشته‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شده‌اند.



نکته: با توجه به این نمودار می‌توانیم کمترین و بیشترین طول موج رشته‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنیم. به طور مثال می‌توانیم بگوییم λ_{\min} بالمر از λ_{\max} لیمان بیشتر است یا λ_{\min} بالمر از λ_{\min} پاشن کمتر است. دقت کنید که طول موج‌های گسیلی در رشته براکت با طول موج‌های گسیلی در دو رشته پاشن و پفوند هم پوشانی دارد.

نکته: همان‌طور که در جدول رشته‌های اتمی مشاهده کردید، در رشته بالمر، فوتون‌های گسیل شده می‌توانند در ناحیه مرئی یا فرابنفش باشند. به طور کلی چهار خط اول طیف بالمر که حاصل انتقال الکترون از لایه‌های ۳, ۴, ۵ و ۶ به لایه ۲ است مربوط به طیف مرئی بوده و بقیه فوتون‌های گسیل شده مربوط به ناحیه فرابنفش هستند. به عبارت دیگر داریم:

شماره لایه مبدأ	ناحیه فوتون گسیل شده در رشته بالمر
$n = 3$	مرئی (قرمز) $\lambda = 656 \text{ nm}$
$n = 4$	مرئی (آبی) $\lambda = 486 \text{ nm}$
$n = 5$	مرئی (نیلی) $\lambda = 434 \text{ nm}$
$n = 6$	مرئی (بنفش) $\lambda = 410 \text{ nm}$
$n = 7, 8, \dots$	فرابنفش

برای درک بهتر، تست کنکور ۱۴۰۰ ریاضی را بررسی می‌کنیم:

کنکور ریاضی ۱۴۰۰

در اتم هیدروژن در رشته بالمر ($n' = 2$)، بلندترین طول موج گسیل شده، چند نانومتر بیشتر از کوتاه‌ترین طول موج این رشته است؟ $[R = 0.01 \text{ (nm)}^{-1}]$

(۴) ۵۰۰

(۳) ۴۰۰

(۲) ۳۲۰

(۱) ۲۴۰

پاسخ: گزینه ۲

بلندترین طول موج برای انتقال از $n = 3$ به $n' = 2$. کوتاه‌ترین مربوط به $n = \infty$ و $n' = 2$ می‌باشد:

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{1.0} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{3600}{5} = 720 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{1}{1.0} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = 400 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\max} - \lambda_{\min} = 320 \text{ nm}$$

بررسی عبارت (الف) ← طیف پلشن در ناحیه طیف فروسرخ قرار دارد. ✓

بررسی عبارت (ب) ← طیف لیمان در ناحیه طیف فرابنفش قرار دارد و بنابراین نمی‌تواند جزء پاسخ مسئله باشد. ✗

بررسی عبارت (پ) ← طیف بالمر در ناحیه طیف فرابنفش و مرئی قرار دارد و بنابراین نمی‌تواند جزء پاسخ مسئله باشد. ✗

بررسی عبارت (ت) ← طیف پفوند در ناحیه طیف فروسرخ قرار دارد. ✓

بررسی عبارت (ث) ← طیف براکت نیز در ناحیه طیف فروسرخ قرار دارد. ✓

www.biomaze.ir

9- طول موج فوتون رشته براکت ($n' = 4$) با بیشترین انرژی چند برابر طول موج فوتون مربوط به دومین خط طیفی رشته پفوند ($n' = 5$) است؟

(۴) $\frac{225}{44}$

(۳) $\frac{1225}{384}$

(۲) $\frac{384}{1225}$

(۱) $\frac{44}{225}$

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیشن دایار و ترکیب	پیشن دایار لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب یا	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۵	۷	۶	سوال	دوازدهم	معادله ریذبرگ					

بیشترین انرژی فوتون رشته براکت مربوط به گذار الکترون از تراز $n \rightarrow \infty$ به تراز $n' = 4$ است. با توجه به رابطه ریذبرگ خواهیم داشت:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n \rightarrow \infty, n'=4} \frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = R \left(\frac{1}{16} - 0 \right) = \frac{R}{16}$$

$$\rightarrow \lambda_1 = \frac{16}{R} \quad (I)$$

دومین خط طیف رشته پفوند مربوط به گذار الکترون از تراز $n = 7$ به تراز $n' = 5$ است. با توجه به رابطه ریذبرگ می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \xrightarrow{n=7, n'=5} \frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{7^2} \right) = R \left(\frac{1}{25} - \frac{1}{49} \right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = \frac{24R}{1225} \rightarrow \lambda_2 = \frac{1225}{24R} \quad (II)$$

از (I) و (II) خواهیم داشت:

$$\frac{(I)}{(II)}: \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\frac{16}{R}}{\frac{1225}{24R}} = \frac{384}{1225}$$

10 - چه تعداد از گزاره‌های زیر نادرست است؟

(الف) در دمای معمولی (حدود دمای اتاق) بیشتر تابش گسیلی از سطح اجسام در ناحیه فرابنفش طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد.

(ب) کوتاه‌ترین طول موج رشته پفوند ($n' = 5$) در هیدروژن اتمی، برابر با 2500 نانومتر است. ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

(پ) طول موج‌های مرئی طیف گسیلی خطی از گازهای رقیق، به نوع گاز بستگی ندارند.

(ت) در اتم هیدروژن، اگر الکترون از تراز $n = 2$ به تراز $n = 4$ برود، انرژی و شعاع مدار آن به ترتیب نسبت به حالت قبل 4 و $\frac{1}{4}$ برابر می‌شوند.

(ث) محیط لیزر یا همان چشمه تابش کننده نور لیزری، الزاماً گاز است.

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۶	۶	۷	سوال	دوازدهم	انرژی و معادله ریذبرگ	و ترکیب	۱۵	۱۵	۱۵	متوسط

بررسی عبارت (الف) \leftarrow نادرست \times در دماهای معمولی، بیشتر تابش گسیلی از سطح اجسام، در ناحیه فروسرخ طیف امواج الکترومغناطیسی قرار دارد.
 بررسی عبارت (ب) \leftarrow درست \checkmark کوتاه‌ترین طول موج رشته پفوند ($n' = 5$) در حالتی رخ می‌دهد که الکترون گذاری از تراز $n \rightarrow \infty$ به تراز $n' = 5$ انجام دهد. بنابراین طبق رابطه ریذبرگ می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = 0.01 \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) = 0.01 \left(\frac{1}{25} - 0 \right) = \frac{0.01}{25}$$

$$\rightarrow \lambda = 2500 \text{ (nm)}$$

بررسی عبارت (پ) \leftarrow نادرست \times طول موج‌های مرئی طیف گسیلی خطی از گازهای رقیق به نوع گاز بستگی دارند.

بررسی عبارت (ت) \leftarrow نادرست \times رابطه ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \rightarrow \frac{E_4}{E_2} = \left(\frac{2}{4} \right)^2 = \left(\frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \text{انرژی } \frac{1}{4} \text{ برابر می‌شود.}$$

به کمک رابطه شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن می‌توان نوشت:

$$r_n = n^2 a_0 \rightarrow \frac{r_4}{r_2} = \left(\frac{4}{2} \right)^2 = 2^2 = 4 \Rightarrow \text{شعاع } 4 \text{ برابر می‌شود.}$$

بررسی عبارت (ث) \leftarrow نادرست \times محیط لیزر یا همان منبع تولید نور لیزری، می‌تواند گاز، جامد یا مایع باشد و نیازی نیست الزاماً گازی باشد.

www.biomaze.ir

11 - چه تعداد از جملات زیر در خصوص لیزر و کاربردهای آن درست است؟

(الف) پرتو لیزر در اثر گسیل خودبه‌خودی تابش می‌گردد.

(ب) در شبکه‌های کابل نوری کاربرد دارد.

(پ) در حفره پزشکی برای جراحی از آن استفاده می‌شود.

(ت) یکی از کاربردهای آن عکاسی در مه است.

(ث) اساس کار اجاق‌های مایکروویو بر آن استوار است.

۲ (۴)

۳ (۳)

۴ (۲)

۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۶	۰	۸	سوال	دوازدهم	لیزر	و ترکیب	۱۵	۱۵	۱۵	متوسط

لیزر یکی از مهم‌ترین اختراعات قرن بیستم است، که کاربردهای زیادی در صنعت و پزشکی دارد. از جمله مهم‌ترین این کاربردها عبارتند از:

(۱) استفاده در چاپگرها (پرینتر لیزری) در کپی اطلاعات روی CD و DVD و خواندن اطلاعات

(۲) شبکه‌های کابل نوری

(۳) اندازه‌گیری دقیق طول

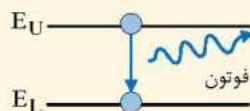
(۴) در جوشکاری و برشکاری فلزات

(۵) در پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه‌های پوستی، اصلاح دید چشم و دندانپزشکی

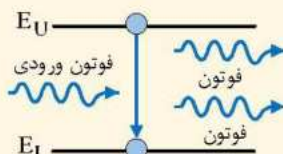
چگونگی ایجاد لیزر

همان طور که می‌دانید هنگامی که الکترون از تراز انرژی بالاتر (E_U) به تراز انرژی پایین‌تر می‌آید، فوتون گسیل می‌کند. به طور کلی انتقال الکترون به دو صورت می‌تواند باعث گسیل فوتون شود:

(الف) گسیل خودبه‌خودی: هنگامی که الکترون به صورت خودبه‌خودی از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین‌تر می‌آید، گسیل خودبه‌خودی صورت می‌گیرد. در گسیل خودبه‌خودی فوتون در جهتی کاتوره‌ای گسیل می‌شود.

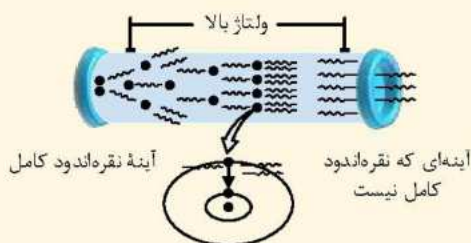


(ب) گسیل القایی: اگر به الکترونی که در حالت برانگیخته قرار دارد فوتونی با انرژی مناسب بتابد، الکترون تحریک شده و به مدار انرژی پایین‌تر می‌رود و فوتونی گسیل می‌کند که به آن گسیل القایی می‌گویند. برای روی دادن گسیل القایی باید انرژی فوتون ورودی دقیقاً برابر اختلاف انرژی دو تراز باشد.



در گسیل القایی سه ویژگی اصلی وجود دارد:

(۱) یک فوتون جذب و دو فوتون خارج می‌شود. به این ترتیب تعداد فوتون‌ها افزایش یافته و نور تقویت می‌شود.
 نکته: در گسیل القایی یک چشمه انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون‌ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می‌تواند به روش‌های متعددی از جمله درخش‌های شدید نور معمولی و یا تخلیه‌های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم‌ها داده شود الکترون‌های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد که به آن وارونی جمعیت گفته می‌شود. وارونی جمعیت الکترون‌ها در یک محیط لیزری مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون‌ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها الکترون‌ها مدت زمان بسیار طولانی‌تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می‌مانند. این زمان طولانی تر، فرصت بیشتری برای افزایش وارونی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می‌کند. به شکل‌های زیر دقت کنید.



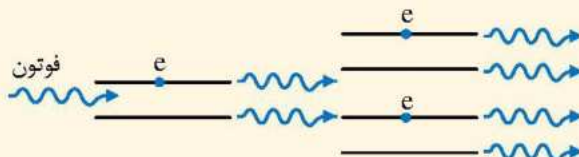
(ب) شکلی طرح‌وار از ساختار لیزر گازی هلیوم نئون



(الف) تصویری از لیزر گازی هلیوم نئون

(۲) فوتون گسیل شده در همان جهت فوتون ورودی حرکت می‌کند
 (۳) فوتون گسیل شده با فوتون ورودی هم‌گام با هم‌فاز است.

اساس کار لیزرها گسیل القایی است. فرض کنید مطابق شکل زیر، به یک اتم برانگیخته فوتونی با انرژی مناسب بتابانیم، همان طور که گفتیم در این فرایند دو فوتون مشابه به وجود می‌آید. حال اگر هر یک از این فوتون‌ها به دو اتم برانگیخته دیگر بتاباند، ۴ فوتون مشابه ایجاد می‌شود و اگر این فرایند ادامه پیدا کند، مجموعه‌ای از فوتون‌هایی هم‌بسامد، هم‌فاز و هم‌جهت به وجود می‌آیند که باریکه لیزر را تشکیل می‌دهند.



بازده لیزر: بازده لیزر را می‌توان به کمک رابطه مقابل محاسبه کرد:

$$\text{بازده لیزر} = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}} \times 100$$

به تست کنکور تجربی سال ۹۶ دقت کنید:

کدام یک از موارد زیر از کاربردهای لیزر است؟

- (۱) عکاسی در مه و تاریک
(۳) برش فلزات
پاسخ: گزینه ۳
برش فلزات یکی از کاربردهای لیزر می باشد.

تعداد فوتون های گسیل شده از لیزر:

اگر توان خروجی یک لیزر برابر P باشد، برای به دست آوردن تعداد فوتون هایی که در مدت t ثانیه از این لیزر گسیل می شوند، می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\left. \begin{aligned} E &= P \cdot t \\ E &= nhf \end{aligned} \right\} \Rightarrow Pt = nhf \Rightarrow n = \frac{Pt}{hf}$$

P ← توان خروجی لیزر بر حسب وات (W)

h ← ثابت پلانک بر حسب ژول ثانیه (J.s)

n ← تعداد فوتون های گسیل شده از لیزر در مدت t ثانیه

t ← زمان بر حسب ثانیه (s)

f ← بسامد بر حسب هرتز (Hz)

به مثال زیر دقت کنید:

اگر توان یک باریکه لیزری $6/6 \times 10^{-4}$ وات و طول موج آن $0/6$ میکرون باشد، در هر ثانیه چند فوتون از این لیزر گسیل می شود؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ و ثابت پلانک J, s $6/6 \times 10^{-34}$ فرض شود).

- (۱) 2×10^{17} (۲) 2×10^{16} (۳) 2×10^{15} (۴) 2×10^{14}

پاسخ: گزینه ۳

به کمک فرمول $n = \frac{Pt}{h \frac{c}{\lambda}}$ ، تعداد فوتون را محاسبه می کنیم:

$$n = \frac{6/6 \times 10^{-4} \times 1}{6/6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{0/6 \times 10^{-6}}} = \frac{10^{-4}}{10^{-34} \times 5 \times 10^{14}} = 2 \times 10^{15}$$

بررسی عبارت (الف) ← نادرست × ← پرتو لیزر در اثر گسیل القایی ایجاد می شود.

بررسی عبارت (ب) ← درست ✓ ← مطابق متن کتاب درسی، لیزر امروزه در شبکه های کابل نوری کاربرد دارد.

بررسی عبارت (پ) ← درست ✓ ← مطابق متن کتاب درسی این گزاره صحیح است.

بررسی عبارت (ت) ← نادرست × ← عکاسی در مه به کمک امواج فروسرخ صورت می گیرد نه پرتو لیزر!

بررسی عبارت (ث) ← نادرست × ← اجاق های میکروموج (مایکروویو) براساس تداخل امواج الکترومغناطیسی و تشکیل امواج ایستاده کار می کنند.

گروه آموزشی ماز

12 - چه تعداد از عبارات زیر در خصوص همه ایزوتوپ های یک عنصر درست است؟

(الف) انرژی پستگی یکسانی دارند.

(ب) نیمه عمر یکسانی دارند.

(پ) دارای عدد اتمی یکسان و جرم های متفاوت اند.

(ت) دارای خواص شیمیایی یکسان هستند.

(ث) در جدول تناوبی هم مکان هستند.

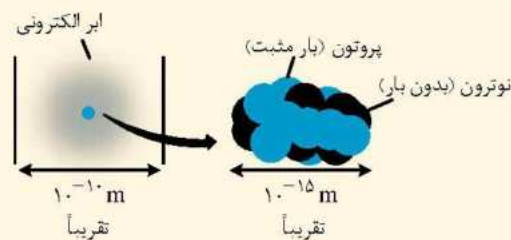
- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه اول	۶	۲	۸	سوال	دوازدهم	ایزوتوپ	و ترکیب	☑	☑	☑	

در مرکز اتم قسمتی کوچک و بسیار چگال به نام هسته اتم وجود دارد. در مورد هسته نکات زیر را به خاطر داشته باشید:

- (۱) ابعاد اتم در حدود $10^{-10} m$ و ابعاد هسته اتم در حدود $10^{-15} m$ است. بنابراین می توانیم بگوییم شعاع هسته $\frac{1}{100000}$ شعاع اتم است. به شکل زیر دقت کنید.



- (۲) هسته اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند.
- (۳) بار الکتریکی پروتون مثبت بوده و اندازه آن برابر بار الکتریکی الکترون است. اما جرم پروتون تقریباً ۱۸۳۷ برابر جرم الکترون می‌باشد.
- (۴) نوترون بار الکتریکی ندارد و جرمش اندکی بیشتر از جرم پروتون است. نوترون توسط چادویک کشف شد.
- شیوه نمایش هسته اتم:** برای یک عنصر با نماد شیمیایی X ، نماد هسته به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$A = Z + N$$

تعداد نوترون‌ها (عدد نوترونی) ← $A = Z + N$ ← تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها (عدد جرمی)
 ↓
 تعداد پروتون‌ها (عدد اتمی)



A ← عدد جرمی (مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها)

Z ← عدد اتمی (تعداد پروتون‌ها)

N ← عدد نوترونی (تعداد نوترون‌ها)

(۱) مشخص کردن N در نمادنویسی بالا ضروری نیست، زیرا می‌توان به کمک معادله بالا و A و Z ، N را به دست آورد.

(۲) در محاسبات جرم در ابعاد اتم از یکای جرم اتمی u استفاده می‌کنیم که $\frac{1}{12}$ جرم اتم کربن ۱۲ است.

ایزوتوپ‌ها:

به گونه‌های مختلفی از یک اتم که دارای عدد اتمی یکسان و عدد جرمی متفاوت هستند، ایزوتوپ می‌گویند. به طور مثال کربن دو ایزوتوپ ($^{12}_6C$) و ($^{13}_6C$) دارد.

- (۱) خواص شیمیایی هر اتم به عدد اتمی آن بستگی دارد، بنابراین ایزوتوپ‌های یک عنصر خواص شیمیایی یکسانی دارند، اما خواص فیزیکی آنها متفاوت است.
- (۲) جرم‌های اتمی درج شده در جدول تناوبی عناصر، میانگین جرم‌های اتمی ایزوتوپ‌های مختلف هر عنصر است که با توجه به درصد فراوانی آنها حساب شده‌اند.
- (۳) در بین تمام عناصر فقط ایزوتوپ‌های هیدروژن دارای نمادها و اسامی اختصاصی هستند. هیدروژن معمولی (1_1H)، دوتریم (2_1H) یا D و تریتیم (3_1H) یا T .
- (۴) اورانیوم دارای دو ایزوتوپ $^{235}_{92}U$ (با درصد فراوانی ۰/۷ درصد) و $^{238}_{92}U$ (با درصد فراوانی ۹۹/۳ درصد) می‌باشد که در انتهای فصل بیشتر راجع به آن صحبت می‌کنیم.

پایداری هسته:

- به طور کلی داخل هسته سه نیروی گرانشی، الکتروستاتیکی و هسته‌ای وجود دارد.
- نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها ایجاد می‌شود، نیروی جاذبه گرانشی بین پروتون‌ها و نوترون‌ها (به طور کلی بین نوکلئون‌ها) برقرار می‌شود که بسیار ناچیز است و نیروی جاذبه هسته‌ای نیز مانند نیروی گرانشی بین پروتون‌ها و نوترون‌ها ایجاد می‌شود که بسیار قوی است.
- برای پایداری هسته، باید نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون‌ها با نیروی جاذبه بین نوکلئون‌ها که ناشی از نیروی هسته‌ای است، موازنه شده باشد.
- (۱) نیروی هسته‌ای، کوتاه برد است و تنها در فاصله‌های کوچک‌تر از ابعاد هسته اثر می‌کند. همان طور که در شکل مقابل می‌بینید هر نوکلئون فقط به نوکلئون مجاور خود نیروی هسته‌ای وارد می‌کند. دقت کنید که نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی است، یعنی نیروی ربایشی هسته‌ای یکسانی بین دو پروتون، دو نوترون و یک پروتون و یک نوترون وجود دارد.

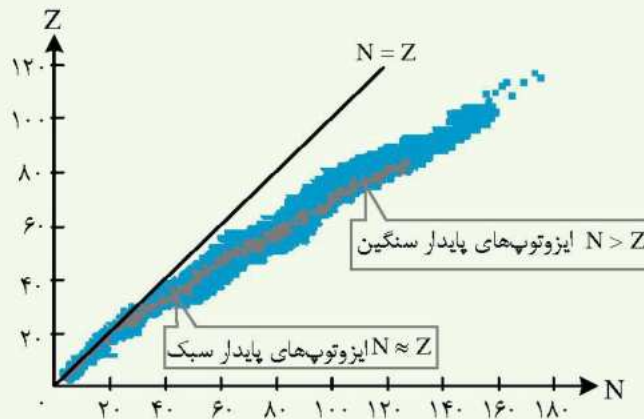


(۲) نیروی دافعه الکتروستاتیکی بلندبرد است. به همین دلیل یک پروتون تمام پروتون‌های دیگر درون هسته را دفع می‌کند.

۳) هنگامی که تعداد پروتون‌های داخل هسته افزایش می‌یابد، تمام پروتون‌های هسته به یکدیگر نیروی دافعه الکتروستاتیکی وارد می‌کنند اما فقط نوکلئون‌های مجاور به یکدیگر نیروی جاذبه هسته‌ای وارد خواهند کرد و افزایش نیروی دافعه بیشتر از افزایش نیروی جاذبه می‌شود. حال اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد. در شکل مقابل نمودار عدد اتمی بر حسب عدد نوترونی برای عنصرهای مختلف نشان داده شده است. در این شکل نقاط خاکستری متعلق به هسته‌های پایدار و نقاط آبی متعلق به هسته‌های پرتوزا هستند.

۴) در این نمودار هسته پایدار با بیشترین تعداد پروتون ($Z = 83$) متعلق به بیسموت (${}^{209}_{83}\text{Bi}$) است.

۵) هسته‌هایی که عدد اتمی آنها بیشتر از ۸۳ است، ناپایدار هستند و معمولاً در طبیعت یافت نمی‌شوند. از بین این هسته‌ها فقط توریم ($Z = 90$) و اورانیوم ($Z = 92$) در طبیعت یافت می‌شوند. این دو عنصر، تنها عنصرهایی هستند که واپاشی آن‌ها چنان کند است که از هنگام تشکیل منظومه شمسی تاکنون مقدار کمی از آن‌ها دچار واپاشی شده است.



به مثال زیر دقت کنید:

برای ${}^{197}_{79}\text{Au}$ به ترتیب از راست به چپ تعداد نوکلئون، پروتون و نوترون کدام است؟

۱) $118 - 79 - 39$

۲) $197 - 79 - 79$

۳) $197 - 79 - 118$

۴) $197 - 118 - 79$

پاسخ: گزینه ۳

تعداد نوکلئون همان مجموع تعداد پروتون و نوترون (عدد جرمی) می‌باشد. تعداد پروتون نیز عدد اتمی است.

$$P + N = 197 \quad P = 79 \quad N = 197 - 79 = 118$$

بررسی عبارت (الف) ← نادرست × ← می‌دانیم جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش اندکی کمتر است. اگر این اختلاف جرم که به آن کاستی جرم هسته گفته می‌شود، مطابق رابطه اینشتین ($E = mc^2$) در مربع تندی نور (c^2) ضرب کنیم، انرژی بستگی هسته به دست می‌آید. پس مقدار این انرژی به عدد جرمی وابسته است و می‌دانیم ایزوتوپ‌های یک عنصر عدد جرمی یکسانی ندارند بنابراین انرژی بستگی هسته آنها با یکدیگر متفاوت است.

بررسی عبارت (ب) ← نادرست × ← همه ایزوتوپ‌های یک عنصر الزاماً نیمه‌عمر یکسان ندارند.

بررسی عبارت (پ) ← درست ✓ ← مطابق متن کتاب درسی، همه ایزوتوپ‌های یک عنصر دارای عدد اتمی یکسان و جرم‌های متفاوت هستند.

بررسی عبارت (ت) ← درست ✓ ← مطابق متن کتاب درسی این گزاره صحیح است.

بررسی عبارت (ث) ← درست ✓ ← به جهت یکسان بودن عدد اتمی تمام ایزوتوپ‌های یک عنصر و این موضوع که در جدول تناوبی عناصر برحسب عدد اتمی از کمترین به بیشترین چیده شده‌اند، تمامی ایزوتوپ‌های یک عنصر در جدول تناوبی هم‌مکان هستند.

www.biomaze.ir

13- اگر در نیروگاه هسته‌ای با بازده ۴۵ درصد، انرژی حاصل از تبدیل ۸ گرم ماده به انرژی، به عنوان انرژی ورودی نیروگاه در نظر گرفته شود، با انرژی

الکتریکی تولیدی توسط این نیروگاه، چند لامپ ۴۰۰ واتی را می‌توان به مدت ۴۵ دقیقه روشن کرد؟ ($c = 3 \times 10^8 \left(\frac{m}{s}\right)$)

$$1/5 \times 10^8 \quad (4)$$

$$3 \times 10^8 \quad (3)$$

$$6 \times 10^8 \quad (2)$$

$$9 \times 10^8 \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میران متوسط
درجه از ۱۰	۵	۸	۷	سوال	دوازدهم	رابطه انیشتین و بازده	و ترکیب	☑	☑	☑	متوسط

رابطه اینشتین یکی از معروف ترین روابط فیزیک است. طبق این رابطه جرم می تواند تبدیل به انرژی شود. به رابطه زیر دقت کنید:

$$E = mc^2$$

E ← انرژی تولید شده بر حسب ژول (J)

m ← جرمی که تبدیل به انرژی شده است بر حسب کیلوگرم (kg)

c ← تندی نور ($c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)


نکته: در برخی از سؤالات کنکور انرژی تولید شده بر حسب الکترون - ولت (eV) و یا کیلو وات ساعت (kWh) خواسته می شود، برای تبدیل یکای ژول به یکاهای دیگر به صورت زیر عمل می کنیم:

$$J \xrightarrow{+(1/6 \times 10^{-19})} e.V$$

$$J \xrightarrow{(36 \times 10^6)} kWh$$

 انرژی بستگی هسته:

انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون های یک هسته، انرژی بستگی هسته نامیده می شود. همان طور که می دانید یک هسته از مجموعه ای از پروتون ها و نوترون ها تشکیل شده است، بنابراین انتظار داریم جرم هسته برابر مجموع جرم پروتون ها و نوترون های تشکیل دهنده آن باشد. در صورتی که اندازه گیری های دقیق نشان می دهند که جرم هسته اندکی کمتر از جرم پروتون ها و نوترون های تشکیل دهنده هسته می باشد که به این اختلاف جرم در اصطلاح کاستی جرم هسته می گویند. طبق رابطه اینشتین این کاستی جرم تبدیل به انرژی شده است که به آن انرژی بستگی هسته می گویند.

 ترازهای انرژی هسته:

در مقایسه انرژی الکترون ها در اتم و انرژی نوکلئون ها در هسته می توان به موارد زیر اشاره کرد:
 (۱) انرژی نوکلئون های هسته مانند انرژی الکترون های اتم، کوانتیده است و هر مقداری را نمی تواند داشته باشد.
 (۲) همان طور که الکترون ها با جذب انرژی از تراز پایه به تراز برانگیخته می روند، نوکلئون ها نیز می توانند با جذب انرژی به تراز بالاتر بروند.
 (۳) همان طور که الکترون برانگیخته می تواند با گسیل فوتون به حالت پایه باز گردد، نوکلئون های برانگیخته نیز با گسیل فوتون به تراز پایه باز می گردند.
 (۴) بزرگترین تفاوت ترازهای انرژی داخل هسته و ترازهای انرژی اتم اختلاف انرژی آنها است. اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون ها در هسته از مرتبه keV تا MeV است، در حالی که اختلاف بین ترازهای انرژی الکترون ها در اتم از مرتبه eV است. برای همین هسته ها در واکنش های شیمیایی که انرژی کمی دارند برانگیخته نمی شوند.

به سوال کنکور رشته ریاضی سال ۹۳ دقت کنید:

در یک واکنش هسته ای ۲ میلی گرم جرم تبدیل به انرژی شده است. انرژی حاصل معادل با چند کیلووات ساعت است؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)

$$5 \times 10^{-9} \quad (4)$$

$$5 \times 10^{-4} \quad (3)$$

$$2/5 \times 10^{-9} \quad (2)$$

$$2/5 \times 10^{-4} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۳

ابتدا انرژی تبدیل شده را بر حسب ژول محاسبه می کنیم:

$$E = mc^2 = 2 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 18 \times 10^{10} J$$

حال این انرژی را به kWh تبدیل می کنیم:

$$\frac{18 \times 10^{10}}{36 \times 10^6} = 5 \times 10^4 kWh$$

گام اول: انرژی حاصل از تبدیل ۸ گرم ماده به انرژی را محاسبه می کنیم. خواهیم داشت:

$$E_{\text{ورودی}} = mc^2 = \frac{m \cdot g = 8 \times 10^{-3} (kg)}{c = 3 \times 10^8 (\frac{m}{s})} \rightarrow E_{\text{ورودی}} = 8 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$\rightarrow E_{\text{ورودی}} = 8 \times 10^{-3} \times 9 \times 10^{16} = 72 \times 10^{13} (J)$$

گام دوم: با توجه به تعریف بازده می توان نوشت:

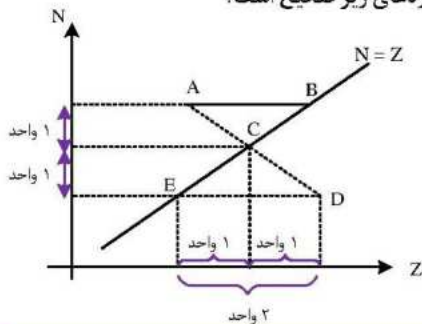
$$Ra (\text{بازده}) = \frac{E_{\text{خروجی}}}{E_{\text{ورودی}}} = \frac{Q_{\text{هر لامپ}}}{Q_{\text{کل لامپ ها}}} = \frac{E}{n P_{\text{لامپ}}} \rightarrow Ra = \frac{n P t}{E_{\text{ورودی}}}$$

$$\frac{Ra = \frac{45}{100}, n = ? (\text{تعداد لامپ})}{P = 400 (W), t = 45 (min)} \rightarrow \frac{45}{100} = \frac{n \times 400 \times 45 \times 60}{72 \times 10^{13}} \xrightarrow{\text{طرفین وسطین}}$$

$$\frac{3}{24} \times 10^{16} = \frac{1}{0.8 \times 10^8} n \rightarrow n = \frac{3/24 \times 10^{16}}{1/0.8 \times 10^8} = 3 \times 10^8 \text{ لامپ}$$

گروه آموزشی ماز

14- نمودار تغییرات عدد نوترونی بر حسب عدد اتمی عنصر مطابق شکل است. چه تعداد از گزاره‌های زیر صحیح است؟



- الف) A و B دو عنصر ایزوتوپ هستند.
 ب) با واپاشی β^+ عنصر B به A تبدیل می‌شود.
 پ) دو عنصر A و D عدد جرمی یکسان دارند.
 ت) دو عنصر B و E ایزوتوپ یکدیگرند.
 ث) با واپاشی β^- عنصر A به C تبدیل می‌شود.

۳ (۲)

۱ (۴)

۴ (۱)

۲ (۳)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه از ۱۰۰	۸	۲	۹	سوال	دوازدهم	واپاشی		۵	۵	سختی	سهولت

همان‌طور که مشاهده کردید عناصری که عدد اتمی آنها بزرگتر از ۸۳ است، ناپایدار هستند و به طور طبیعی (خود به خودی) واپاشیده می‌شوند و نوع معینی از ذرات یا فوتون‌های پر انرژی آزاد می‌کنند. به این فرایند واپاشی، پرتوزایی طبیعی می‌گویند.

نکته: در تمام فرایندهای واپاشی پرتوزا، تعداد نوکلئون‌ها در طی فرایند واپاشی هسته‌ای پایسته می‌ماند. در ادامه با انواع پرتوهایی که هنگام واپاشی گسیل می‌شوند، آشنا می‌شوید.

واپاشی α :

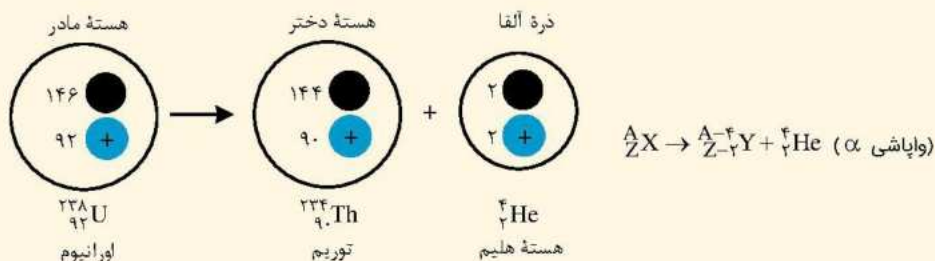
۱) این واپاشی در هسته‌های سنگین روی می‌دهد.

۲) پرتوهای α ذرات باردار مثبت از جنس هسته اتم هلیم (${}^4_2\text{He}$) هستند و از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند.

۳) برد پرتوهای α کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافتی کوتاه در حدود ۱cm تا ۲cm در هوا یا هنگام عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند.

پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی یا ضخامت ناچیز (۰/۰۱mm) متوقف می‌شوند.

۴) اگر ذره‌های α از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب‌های شدید به بدن خواهند شد. به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است توجه کنید:



واپاشی β^- :

۱) این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها است.

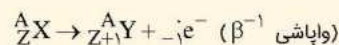
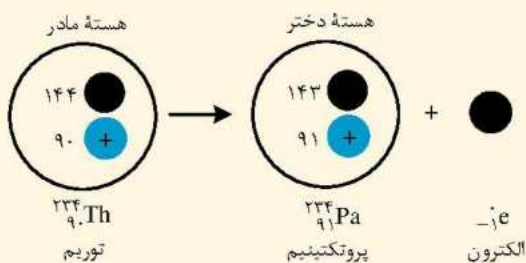
۲) پرتوهای β^- در واقع همان الکترون‌ها هستند.

۳) پرتوهای β^- مسافت خیلی بیشتری را نسبت به پرتوهای α در سرب نفوذ می‌کنند. تقریباً پرتوهای β^-

می‌توانند مسافتی در حدود (۰/۱mm) در سرب نفوذ کنند.

۴) الکترون گسیل شده در این واپاشی یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست؛ این الکترون وقتی به وجود می‌آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود.

به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده توجه کنید:

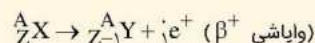
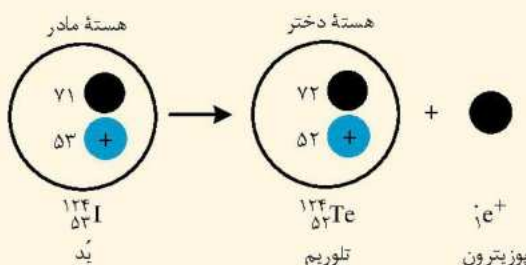


واپاشی β^{-} :

(۱) در این واپاشی ذره گسیل شده توسط هسته، جرم یکسانی با الکترون دارد ولی به جای بار $-e$ دارای بار الکتریکی $+e$ است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می‌گویند و با نماد β^{+} یا e^{+} نمایش داده می‌شود.

(۲) مسافتی که پرتوهای β^{+} در سرب نفوذ می‌کنند مانند β^{-} در حدود (0.1mm) است.

(۳) هنگام واپاشی β^{+} یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود. به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است توجه کنید:



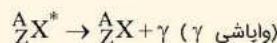
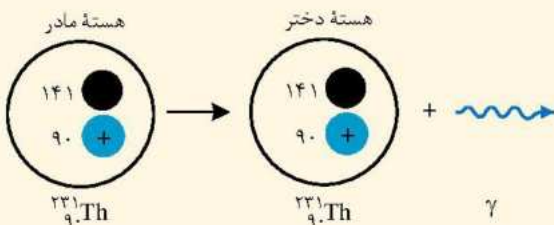
واپاشی γ :

(۱) اغلب هسته‌ها پس از واپاشی الفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل پرتوی گاما به حالت پایه می‌رسند.

(۲) پرتوهای گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی هستند و دارای بار الکتریکی و جرم نمی‌باشند و از فوتون‌های پر انرژی تشکیل شده‌اند.

(۳) پرتوهای گاما بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه سربی به ضخامت (100mm) عبور کنند.

به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است، توجه کنید:



تست کتکور سراسری تجربی سال ۱۴۰۰ را در ادامه بررسی می‌کنیم:

نپتونیم ${}_{93}^{237}\text{Np}$ ایزوتوپ ناپایداری است که واپاشی آن از طریق گسیل ذره α و یک ذره β^{-} صورت می‌گیرد. در این واپاشی، هسته نهایی به ترتیب چند نوترون و چند پروتون دارد؟

۸۸ و ۱۳۷ (۴)

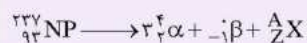
۸۷ و ۱۳۷ (۳)

۸۸ و ۱۳۶ (۲)

۸۷ و ۱۳۶ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

ابتدا معادله واپاشی را می‌نویسیم:



پس از تساوی اعداد جرمی دو سمت معادله و اعداد اتمی دو سمت معادله، عدد جرمی و اتمی X را محاسبه می‌کنیم:

$$237 = 225 + 0 + A \Rightarrow A = 12$$

$$93 = 88 + (-1) + Z \Rightarrow Z = 6$$

بنابراین:

$$P = 88, \quad N = 225 - 88 = 137$$

بررسی عبارت (الف) ← عناصر A و B ایزوتوپ یکدیگر نیستند زیرا تعداد نوترون‌های آن‌ها با یکدیگر برابر است. پس گزاره داده شده در عبارت (الف) نادرست است.

بررسی عبارت (ب) ← در واپاشی β^+ باید عدد اتمی عنصر یک واحد کاهش و عدد جرمی آن یک واحد افزایش یابد. با توجه به نمودار؛ عدد اتمی عنصر دو واحد کم شده اما عدد جرمی آن ثابت باقی مانده است. بنابراین گزاره (ب) نیز نادرست است.

بررسی عبارت (پ) ← عدد اتمی عنصر D، دو واحد از عدد اتمی عنصر A بیشتر است، همچنین عدد نوترونی عنصر A از عنصر D، دو واحد بیشتر است. بنابراین عدد جرمی دو عنصر با هم برابر است و گزاره (پ) درست است.

بررسی عبارت (ت) ← با توجه به نمودار، عدد اتمی دو عنصر B و E، با هم برابر نیست. می‌دانیم دو عنصر که ایزوتوپ یکدیگر هستند، عدد اتمی یکسان دارند. بنابراین دو عنصر B و E ایزوتوپ یکدیگر نیستند و گزاره (ت) نادرست است.

بررسی عبارت (ث) ← در واپاشی β^- ، باید عدد اتمی عنصر یک واحد افزایش و عدد جرمی آن یک واحد کاهش یابد که این موضوع با توجه به نمودار برای عناصر A و C صدق می‌کند. بنابراین گزاره (ث) صحیح است.

گروه آموزشی ماز

15 - اگر از یک هسته رادیواکتیو بعد از چند واپاشی متوالی، ۷ پروتوی گاما، ۴ ذره پوزیترون و ۵ ذره آلفا گسیل شود، عدد اتمی و عدد جرمی آن به ترتیب چگونه تغییر خواهند کرد؟

(۲) ۲۰ واحد کاهش - ۱۴ واحد افزایش

(۱) ۱۴ واحد کاهش - ۲۰ واحد افزایش

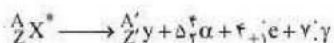
(۴) ۱۴ واحد کاهش - ۲۰ واحد کاهش

(۳) ۲۰ واحد کاهش - ۱۴ واحد کاهش

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه سوال	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان سادگی
درجه ۱۰	۵	۵	۶	دوازدهم	واپاشی						

در واپاشی هسته‌های پرتوزا تعداد نوکلئون‌ها پایسته است معادله به شکل زیر است:



$$\begin{cases} A = A' + 4(\Delta) + 4(\epsilon) + \gamma(0) \\ Z = Z' + 2(\Delta) + 1(\epsilon) + \gamma(0) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A = A' + 20 \\ Z = Z' + 14 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A' = A - 20 \\ Z' = Z - 14 \end{cases}$$

عدد جرمی ۲۰ واحد و عدد اتمی ۱۴ واحد کاهش می‌یابند.

16- کدام گزینه گزاره‌های درست زیر را با توجه به شکل روبه‌رو مشخص کرده است؟



- (الف) برای آنکه فوتوالکترون‌ها انرژی جنبشی بیشتری داشته باشند باید از نور با بسامد بیشتر استفاده شود.
 (ب) رخ دادن این پدیده تنها برای شدت نورهای خاصی امکان‌پذیر است.
 (پ) در رخ دادن این پدیده مدت زمان تأیید شدن نور بر سطح فلز اهمیت دارد.
 (ت) هر چه طول موج نوری کمتر باشد احتمال رخ دادن پدیده با آن نور بیشتر است.

(۱) الف - ت (۲) الف - ب (۳) پ - ت (۴) ب - پ

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۲	۷	سوال	دوازدهم	پدیده فوتوالکتریک		۱۵	۱۵	سطحی	متوسط

نکاتی در مورد پدیده فوتوالکتریک:

- آزمایش نشان می‌دهد گسیل الکترون از سطح فلز هم‌زمان با تابیدن نور بر سطح فلز رخ می‌دهد.
- از دیدگاه فیزیک کلاسیک، انجام پدیده فوتوالکتریک به شدت نور فرودی بر فلز بستگی دارد، اما آزمایش نشان می‌دهد که رخ دادن پدیده فوتوالکتریک به شدت نور بستگی ندارد.
- از دیدگاه فیزیک کلاسیک، رخ دادن پدیده فوتوالکتریک به بسامد نور فرودی بر فلز بستگی ندارد، اما آزمایش نشان می‌دهد رخ دادن پدیده فوتوالکتریک به بسامد نور بستگی دارد و اگر بسامد نور فرودی از حدی کمتر شود، پدیده رخ نمی‌دهد که آن را بسامد آستانه (یا قطع) می‌نامند و با f_0 نشان می‌دهند.
- فیزیک کلاسیک قادر به توجیه پدیده فوتوالکتریک نیست.

نکاتی در مورد نظریه اینشتین در مورد پدیده فوتوالکتریک:

اینشتین با تجدیدنظر در نظریه موجی بودن نور توانست پدیده فوتوالکتریک را توجیه کند. اینشتین نظریه خود را بر دو پایه استوار کرد:

۱- نور از بسته‌های انرژی به نام فوتون تشکیل شده است و انرژی هر فوتون برابر است با: $E = hf$

در این رابطه f بسامد پرتو و h همان ثابت پلانک است که دارای مقدار $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ است.

انرژی تابش فرودی برابر است با: $E = nhf$

که در آن n تعداد فوتون‌های نور فرودی است.

۲- هر الکترون تنها با یک فوتون برهم‌کنش دارد. (این عبارت شاه بیت نظریه اینشتین است.)

اکنون به کمک نظریه اینشتین به بررسی پدیده فوتوالکتریک می‌پردازیم. همان‌گونه که بیان شد اگر بسامد نور فرودی بر فلز از بسامد آستانه (f_0) کمتر باشد.

$f < f_0$ ، الکترون از سطح فلز خارج نمی‌شود زیرا فوتون نور انرژی کافی برای جدا کردن الکترون را ندارد.

حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون $hf < hf_0$ انرژی فوتون

اگر بسامد نور فرودی بر فلز با بسامد آستانه برابر یا از آن بیشتر باشد. $f \geq f_0$ ، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

چنانچه $f = f_0$ باشد انرژی فوتون نور برابر انرژی است که الکترون لازم دارد تا از فلز جدا شود و چنانچه $f > f_0$ باشد، انرژی فوتون نور از حداقل انرژی لازم برای

جدا شدن الکترون بیشتر بوده، الکترون از فلز جدا شده و مقداری انرژی جنبشی به دست می‌آورد.

بنابر نظریه اینشتین وقتی نور تکفام با بسامد مناسب بر سطح یک فلز می‌تابد بخشی از انرژی صرف جدا کردن الکترون و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون‌های خارج شده تبدیل می‌شود پس با افزایش بسامد انرژی فوتون‌های رسیده بر سطح hf افزایش یافته و انرژی جنبشی الکترون‌های خارج شده بیشتر می‌شود و گزاره الف درست است.

رخ دادن پدیده فوتوالکتریک به بسامد بستگی دارد و گزاره‌های ب و پ نادرست است.

با توجه به گزاره الف و اینکه $\lambda = \frac{v}{f}$ پس با کاهش طول موج، بسامد افزایش یافته و احتمال رخ دادن پدیده فوتوالکتریک بیشتر می‌شود و گزاره ت درست است.

17 - اختلاف طول موج یک پرتو الکترومغناطیسی در خلأ و آب برابر 250 nm است. انرژی فوتون وابسته به این پرتو در آب چند الکترون‌ولت است؟
 $(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}}, e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}, n_{\text{آب}} = \frac{4}{3})$

۱/۶۳۷۵ (۴)

۱/۶۷۵ (۳)

۱/۲۳۷۵ (۲)

۱/۲۷۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه از ۱۰	۶	۷	۷	سوال	دوازدهم	انرژی فوتون		☑	☑	متوسط	متوسط

نور از بسته‌های انرژی به نام فوتون تشکیل شده است و انرژی هر فوتون برابر است با:

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

در این رابطه f بسامد پرتو و h همان ثابت پلانک است که دارای مقدار $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ است.

$$E = nhf = \frac{nhc}{\lambda}$$

انرژی تابش فرودی برابر است با:

که در آن n تعداد فوتون‌های نور فرودی است.

برای اندازه‌گیری انرژی در فیزیک اتمی و فیزیک هسته‌ای به دلیل بزرگی یکای ژول برای بیان انرژی فوتون و الکترون و ذرات دیگر از یکای الکترون‌ولت (eV) استفاده می‌شود.

تعریف: الکترون - ولت (eV) برابر تغییر مقدار انرژی یک الکترون تحت اختلاف پتانسیل یک ولت است و مضرب‌های این یکا اغلب به صورت keV، (کیلو الکترون‌ولت) و MeV (مگا الکترون‌ولت) استفاده می‌شود.
 برای تبدیل انرژی از ژول به الکترون‌ولت داریم:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

بسامد نور با تغییر محیط تغییر نمی‌کند و ثابت است. طول موج نور از رابطه $\lambda = \frac{V}{f}$ بدست می‌آید که V سرعت پرتو در محیطی است که پرتو در آن محیط منتشر می‌شود:

$$\lambda_{\text{هوآ}} = \frac{V_{\text{هوآ}}}{f} \rightarrow \frac{\lambda_{\text{هوآ}}}{\lambda_{\text{آب}}} = \frac{V_{\text{هوآ}}}{V_{\text{آب}}} = \frac{n_{\text{آب}}}{n_{\text{هوآ}}} \rightarrow \frac{\lambda_{\text{هوآ}}}{\lambda_{\text{آب}}} = \frac{4}{3} \rightarrow \lambda_{\text{آب}} = \frac{3}{4} \lambda_{\text{هوآ}}$$

اختلاف طول موج 250 nm داده شده است:

$$\lambda_{\text{هوآ}} - \lambda_{\text{آب}} = 250 \rightarrow \lambda_{\text{هوآ}} - \frac{3}{4} \lambda_{\text{هوآ}} = 250 \rightarrow \frac{\lambda_{\text{هوآ}}}{4} = 250 \rightarrow \lambda_{\text{هوآ}} = 1000 \text{ nm}$$

حال انرژی فوتون را حساب می‌کنیم:

$$E_{\text{فوتون}} = hf = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E_{\text{فوتون}} = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{1.0 \times 10^{-9}} = 1.98 \times 10^{-20} \text{ J}$$

انرژی فوتون با توجه به hf به بسامد بستگی دارد و با تغییر محیط ثابت می‌ماند. انرژی بدست آمده را بر حسب eV بدست می‌آوریم:

$$1.98 \times 10^{-20} \text{ J} \times \frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.2375 \text{ eV}$$

www.biomaze.ir

18 - در اتم هیدروژن الکترون در تراز $n=7$ قرار دارد. اگر تمام گذارها ممکن باشد، چند نوع فوتون فرابنفش مختلف می‌تواند گسیل شود؟

۷ (۴)

۶ (۳)

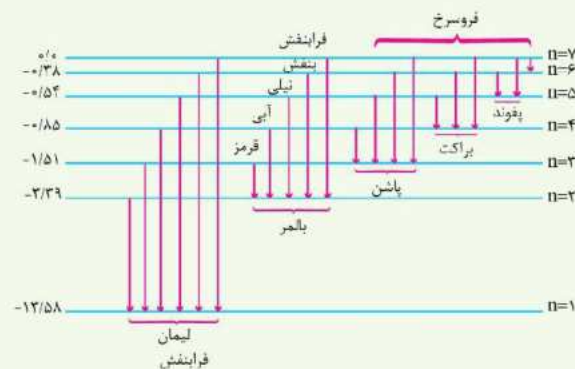
۵ (۲)

۴ (۱)

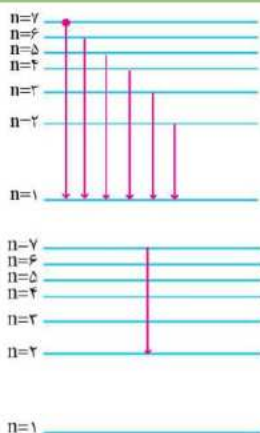
پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه از ۱۰	۶	۷	۷	سوال	دوازدهم	گذار الکترون		☑	☑	سختی	ساده

☀ با توجه به شکل زیر در گذارهای الکترون در مدل اتمی بور برای اتم هیدروژن داریم:



تمام گذارها به $n'=1$ که در رشته لیمان بوده فرابنفش است:



گذار $n=7$ به $n'=2$ نیز فرابنفش است و بقیه گذارها از $n=6, 5, \dots$ به $n'=2$ مرئی است.

بنابراین در مجموع $7+1=6$ فوتون مختلف فرابنفش گسیل شده است.

گروه آموزشی ماز

19 - طول موج سومین خط طیف اتمی هیدروژن در رشته پاشن چند نانومتر و در چه محدوده‌ای است؟ ($R=0.01 \text{ nm}^{-1}$)

(۱) ۶۰۰ - مرئی (۲) ۱۲۰۰ - مرئی (۳) ۶۰۰ - فروسرخ (۴) ۱۲۰۰ - فروسرخ

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناخته	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۴	۴	۵	سوال	دوفردم	معادله ریذبرگ	پیش نیاز و ترکیب	تست	مفاهیم قابل ترکیب با	سختی	ساده

بالمر یک معلم ریاضی اهل سوئیس و عاشق بازی با اعداد ریاضی بود. او سعی کرد با آزمون و خطا و بدون ملاحظه‌های فیزیکی، یک رابطه ریاضی بین چهار طول موج طیف هیدروژن به دست آورد. با کوشش او رابطه زیر برای این طول موج‌ها به دست آمد:

$$\lambda = 364.56 \frac{n^2}{n^2 - 2^2} \text{ nm}$$

در این رابطه، n یک عدد طبیعی بزرگ‌تر از ۲ است ($n > 2$).

رابطه بالمر تنها طول موج‌های مرئی طیف هیدروژن را حساب می‌کند. ریذبرگ با بررسی بیشتر طیف اتم هیدروژن، رابطه نهایی زیر را برای طول موج‌های مختلف اتم هیدروژن به دست آورد:

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

R یک ثابت فیزیکی به نام ثابت ریذبرگ برای اتم هیدروژن است که برای تمام سری‌های طیف اتم هیدروژن یکسان و برابر $R = 0.010973731 (\text{nm})^{-1}$

است که برای سادگی از مقدار تقریبی $0.011 (\text{nm})^{-1}$ در محاسبات استفاده می‌کنیم.

☀ نکته: در یک رشته با سری n' اولین خط طیفی یعنی $n = n' + 1$ و دومین خط طیفی یعنی $n = n' + 2$ و ...

سومین خط طیف اتمی هیدروژن در رشته پاشن یعنی $n' = 3$ یعنی $n = 3 + 3 = 6$

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

$$\rightarrow \lambda = 120.0 \text{ nm}$$

20- الکترونی در تراز $n=4$ اتم هیدروژن قرار دارد. کمترین انرژی فوتونی که الکترون می‌تواند جذب کند، تقریباً چند برابر کمترین انرژی فوتونی است که این الکترون می‌تواند گسیل کند؟ ($E_R = 13.6 \text{ eV}$)

(1) $\frac{57}{112}$ (2) $\frac{49}{110}$ (3) $\frac{81}{175}$ (4) $\frac{63}{112}$

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱ تا ۵	۵	۵	۶	سوال	دوازدهم	انرژی و مدل اتمی بور	و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	متوسط

در مدل اتمی بور برای هیدروژن داریم:

۱- مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند، یعنی فقط مدارها و انرژی گسسته معینی مجاز هستند. بور روابط زیر را برای شعاع مدارها و انرژی الکترون در اتم هیدروژن به دست آورد.

$$r_n = a \cdot n^2 \quad \text{و} \quad E_n = -\frac{E_R}{n^2}$$

ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن

در روابط بالا n شماره مدار (تراز) است که به آن عدد کوانتومی گویند و مقادیرهای آن $(n = 1, 2, 3, \dots)$ است.

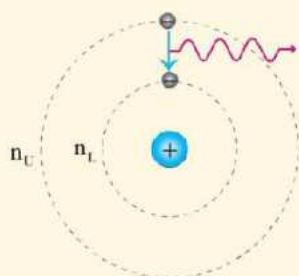
a شعاع اولین مدار (شعاع کوچک‌ترین مدار) الکترون به ازای $n=1$ است که مقدار آن $a = 5/29 \times 10^{-11} \text{ m}$ است که به آن شعاع بور برای اتم هیدروژن گویند.

E_R برابر 13.6 eV است که آن را یک ریدبرگ می‌نامند. انرژی الکترون در تراز $n=1$ برابر -13.6 eV است. این تراز را تراز پایه گویند.

۲- وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، دارای انرژی مشخصی است و هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. به این مدارها، مدارهای مانا و به این حالت انرژی، حالت مانا گفته می‌شود.

۳- الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانای با انرژی کمتر E_L ، یک فوتون تابش می‌شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است. یعنی:

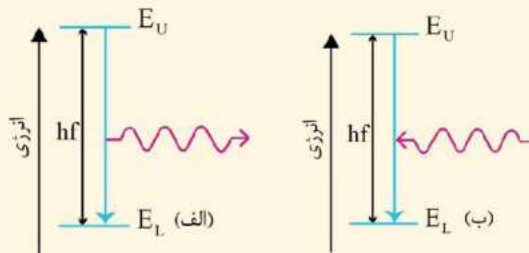
فوتون گسیل شده



$$E_U - E_L = hf$$

معادله گسیل فوتون از اتم

نکته: با توجه به الگوی اتمی بور وقتی الکترون با جذب یک فوتون با طول موج λ از تراز n' به تراز n می‌رود، در بازگشت از تراز n به n' همان فوتون را با همان طول موج گسیل می‌کند. در این صورت یک عنصر همان طول موج‌هایی را جذب می‌کند که اگر به علتی برانگیخته شود، آن‌ها را گسیل می‌کند. (توجیه الگوی بور برای یکسان بودن طول موج‌های گسیلی و جذبی)



۱- با جذب فوتون الکترون به ترازهای بالاتر می‌رود. کمترین فوتون جذب شده باعث می‌شود الکترون از تراز $n=4$ به $n=5$ گذار می‌کند:

$$hf = E_U - E_L \rightarrow hf = \frac{-E_R}{25} + \frac{E_R}{16} = \frac{9}{25 \times 16} E_R$$

۲- با گسیل فوتون الکترون به ترازهای پایین‌تر می‌رود. کمترین فوتون گسیلی باعث می‌شود الکترون به تراز $n=3$ گذار کند:

$$hf' = E_U - E_L \rightarrow hf' = \frac{-E_R}{16} + \frac{E_R}{9} = \frac{7}{16 \times 9} E_R$$

۳- نسبت خواسته شده را حساب می‌کنیم:

$$\frac{9E_R}{25 \times 16} = \frac{9 \times 9}{25 \times 7} = \frac{81}{175}$$

$$\frac{9E_R}{16 \times 9} = \frac{81}{175}$$

گروه آموزشی ماز

21- هسته M هسته دختر پایداری است که می‌تواند از واپاشی α یا واپاشی β^- حاصل شود. اختلاف عدد اتمی هسته مادر در واپاشی α با عدد اتمی هسته مادر در واپاشی β^- این هسته کدام است؟

(۴) اطلاعات سؤال کافی نیست

(۳) ۳

(۲) ۲

(۱) ۴

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میراث
درجه ۱۸	۴	۵	۷	سوال	دوازدهم	واپاشی	ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	ساده

واپاشی آلفا:

آلفا از جنس ذره و دارای بار مثبت است و در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف می‌شود.

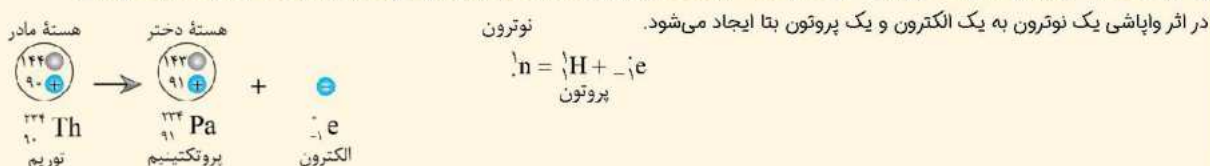
آلفا از جنس هسته هلیوم است و دارای دو پروتون و دو نوترون است $\alpha = {}^4_2\text{He}$.

در واپاشی آلفا از عدد جرمی و عدد اتمی عنصر به ترتیب ۴ واحد و ۲ واحد کم شده و عنصر به عنصر دو خانه قبل از خود در جدول تناوبی تبدیل می‌شود.

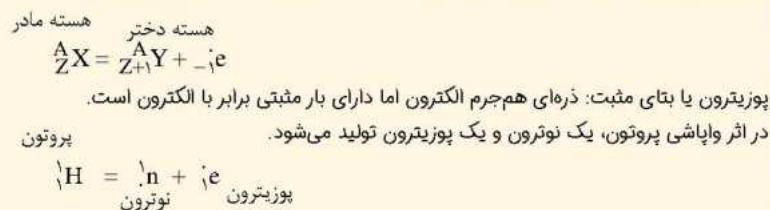


واپاشی بتا:

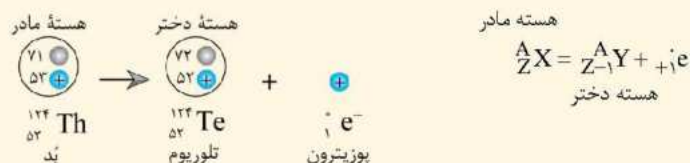
بتا ذره است و β^- (بتای منفی) همان‌طور که از نامش مشخص است دارای بار منفی بوده و در میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی منحرف می‌شود.



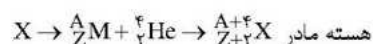
در واپاشی بتای منفی، عدد جرمی تغییر نمی‌کند اما عدد اتمی یک واحد افزایش می‌یابد و عنصر به عنصر خانه بعدی در جدول تناوبی تبدیل می‌شود.



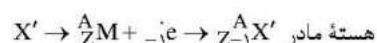
در واپاشی بتای مثبت، عدد جرمی تغییر نمی‌کند اما عدد اتمی یک واحد کاهش می‌یابد و عنصر به عنصر خانه قبلی در جدول تناوبی تبدیل می‌شود.



۱- هسته M اگر هسته دختر واپاشی α باشد:



۲- هسته M اگر هسته دختر واپاشی β^- باشد:



۳- اختلاف عدد اتمی بین هسته‌های مادر برابر است با:

$$(Z+2)-(Z-1)=3$$

www.biomaze.ir

22- نیمه‌عمر دو عنصر پرتوزای A و B به ترتیب ۴ و ۸ روز است. اگر در ابتدا تعداد هسته‌های دو عنصر یکسان باشد، پس از چند روز تعداد هسته‌های عنصر B برابر تعداد هسته‌های عنصر A می‌شود؟

۴۰ (۴)

۳۲ (۳)

۲۴ (۲)

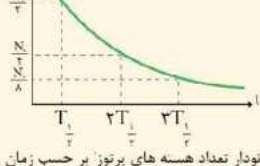
۲۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱ تا ۵	۶	۷	۷	سوال	دوازدهم	نیمه عمر			۵	سختی	

تعریف: نیمه‌عمر $T_{1/2}$ مدت زمانی است که طی آن نیمی از هسته‌های پرتوزا واپاشیده می‌شوند.

نیمه‌عمر هسته‌های پرتوزای مختلف، متفاوت است و به نوع هسته بستگی دارد.



$$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

N: تعداد هسته‌های پرتوزای باقی‌مانده

N_0 : تعداد هسته‌های پرتوزای اولیه

$$T_{1/2}: \text{نیمه‌عمر}$$

t: زمان واپاشی

$$n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

n: تعداد نیمه‌عمرها

نمودار تعداد هسته‌های پرتوزا بر حسب زمان

۱- تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده در واپاشی‌ها پس از n نیمه‌عمر از رابطه $N = \frac{N_0}{2^n}$ بدست می‌آید:

$$\frac{N_B}{N_A} = \frac{\frac{N_0}{2^{n_B}}}{\frac{N_0}{2^{n_A}}} \rightarrow \frac{N_B}{N_A} = \frac{2^{n_A}}{2^{n_B}} \rightarrow 22 = \frac{2^{n_A}}{2^{n_B}} \rightarrow 22 = 2^{n_A - n_B} \rightarrow n_A - n_B = 5$$

۲- پس باید تعداد دفعات نیمه‌عمر A، ۵ تا بیشتر از B باشد:

$$\begin{aligned} T_{1/2}^A &= \frac{t}{n_A} \rightarrow n_A = \frac{t}{4} \\ T_{1/2}^B &= \frac{t}{n_B} \rightarrow n_B = \frac{t}{8} \end{aligned} \rightarrow \frac{n_A - n_B = 5}{\frac{t}{4} - \frac{t}{8} = 5} \rightarrow \frac{t}{8} = 5 \rightarrow t = 40 \text{ روز}$$

گروه آموزشی ماز

23- چه تعداد از گزاره‌های زیر درست است؟

(الف) از دید نیروی هسته‌ای تفاوتی بین پروتون و نوترون وجود ندارد.

(ب) ایزوتوپ‌ها دارای ویژگی‌های شیمیایی یکسانی‌اند.

(پ) اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده‌اش اندکی بیشتر است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱ تا ۵	۵	۲	۷	سوال	دوازدهم	ایزوتوپ و نیروی هسته‌ای			۵	سختی	

بررسی گزاره (الف) نیروی هسته‌ای مستقل از بار الکتریکی بوده و نیروی بین دو پروتون یا دو نوترون و یا بین پروتون و نوترون یکسان است و این گزاره درست است.

بررسی گزاره (ب) ایزوتوپ‌ها دارای تعداد پروتون (عدد اتمی) یکسان اما تعداد نوترون متفاوت‌اند و دارای خواص شیمیایی یکسان‌اند و این گزاره درست است. بررسی گزاره (پ) اندازه‌گیری‌های دقیق نشان می‌دهد که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل‌دهنده‌اش اندکی کمتر است و این گزاره نادرست است.

www.biomaze.ir

24- انرژی حاصل از چه تعداد فوتون با بسامد $5 \times 10^{14} \text{ Hz}$ معادل $33 \mu\text{J}$ خواهد شد؟ ($h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)

۱.۱۵ (۴)

۱.۱۹ (۳)

۱.۱۴ (۲)

۱.۱۸ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۵	۶	سوال	دوازدهم	انرژی فوتون	و ترکیب	۱۵	۱۵	سه	متوسط

انرژی فوتون

اینشتین با تجدیدنظر در نظریه موجی بودن نور، توانست پدیده فوتوالکتریک را توجیه کند. اینشتین نظریه خود را بر دو پایه استوار کرد:

۱- نور از بسته‌های انرژی به نام فوتون تشکیل شده است و انرژی هر فوتون برابر است با:

$$E = hf$$

در این رابطه f بسامد پرتو و h همان ثابت پلانک است که دارای مقدار $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ است. انرژی تابش فرودی برابر است با:

$$E = nhf$$

که در آن n تعداد فوتون‌های نور فرودی است.

۲- هر الکترون تنها با یک فوتون برهم‌کنش دارد. (این عبارت شاه بیت نظریه اینشتین است.)

اکنون به کمک نظریه اینشتین به بررسی پدیده فوتوالکتریک می‌پردازیم. همان‌گونه که بیان شد اگر بسامد نور فرودی بر فلز از بسامد آستانه (f_0) کمتر باشد، $f < f_0$ ، الکترون از سطح فلز خارج نمی‌شود زیرا فوتون نور، انرژی کافی برای جدا کردن الکترون از فلز را ندارد.

در صورتی‌که فوتون‌ها انرژی لازم برای خارج کردن الکترون‌ها از فلز را نداشته باشند، داریم: حداقل انرژی لازم برای جدا کردن الکترون $hf < hf_0$ انرژی فوتون

اگر بسامد نور فرودی بر فلز از بسامد آستانه برابر یا از آن بیشتر باشد، $f \geq f_0$ ، پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد.

چنانچه $f = f_0$ باشد انرژی فوتون نور برابر انرژی است که الکترون لازم دارد تا از فلز جدا شود و چنانچه $f > f_0$ باشد، انرژی فوتون نور از حداقل انرژی لازم برای جدا شدن الکترون بیشتر بوده، الکترون از فلز جدا شده و مقداری انرژی جنبشی به‌دست می‌آورد.

پاسخ تشریحی:

طبق رابطه پلانک، انرژی هر فوتون hf و انرژی موج الکترومغناطیس که شامل n فوتون باشد، برابر با nhf است.

$$E = nhf = nh \frac{c}{\lambda}$$

$$E = 33 \times 10^{-6} = n(6.6 \times 10^{-34})(5 \times 10^{14})$$

$$n = \frac{33 \times 10^{-6}}{6.6 \times 5 \times 10^{-34} \times 10^{14}} = 1.14$$

25- در فاصله ۱۰ متری از یک لامپ تک‌رنگ ۱۸۰ واتی با بازده ۵۰ درصد صفحه‌ای به مساحت ۲m^۲ قرار دارد. در هر دقیقه چند فوتون با طول موج

$$600\text{ nm} \text{ از لامپ به صفحه می‌رسد؟ } (c=3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \pi=3, h=6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s})$$

$$2 \times 10^{22} \quad (4)$$

$$3 \times 10^{21} \quad (3)$$

$$2 \times 10^{20} \quad (2)$$

$$3 \times 10^{19} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۳۰	۵	۵	۷	سوال	دوازدهم	توان و انرژی تابشی	و ترکیب			سه	متوسط

توان و انرژی تابشی

توان تابشی یک نور تک‌فام با بسامد f را به کمک رابطه زیر به دست می‌آوریم:

انرژی موج (J)

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

توان تابشی (w)

مدت زمان (s)

حالا که توان تابشی رو بلد شدی، شدت تابشی یک نور تک‌فام رو هم یاد بگیر:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{E}{At} \Rightarrow I = \frac{nhf}{At} = \frac{nhc}{\lambda At}$$

$$\left(\frac{w}{m^2} \right) \text{ شدت تابشی}$$

نکته مهم: اگر یک چشمه نوری با توان تابشی P ، امواج الکترومغناطیسی را به صورت یکنواخت در فضای اطرافش پخش کند و K درصد توان آن به سطحی به مساحت A که در فاصله R از آن قرار دارد برسد، آنگاه توان دریافتی توسط سطح A برابر است با:

$$P_{\text{دریافتی}} = \left(\frac{A}{4\pi R^2} \right) \times \left(\frac{K}{100} P_{\text{چشمه}} \right) \xrightarrow[\text{شعاع } r \text{ باشد: } A = \pi r^2]{\text{اگر سطح } A \text{ دایره‌ای به}} P_{\text{دریافتی}} = \left(\frac{r}{2R} \right)^2 \times \left(\frac{K}{100} P_{\text{چشمه}} \right)$$

پایان بخش تشریحی

انرژی تابش حاصل از چشمه در فاصله ۱۰ متری بر سطح یک کره به شعاع ۱۰ متر پخش می‌شود. وقتی شدت تابش در فاصله ۱۰ متری معلوم شود می‌توانیم مقدار انرژی تابشی که به سطح یک جسم می‌رسد را معلوم کنیم.

$$I = \frac{P_{\text{توان چشمه}}}{\text{سطح کره}} \rightarrow \frac{\frac{1}{2} \times 180}{4(3)(10)^2} = \frac{9}{120} \frac{W}{m^2}$$

$$I = \frac{E}{A.t} \rightarrow \frac{9}{120} = \frac{nh \frac{c}{\lambda}}{(2)(60)} = \frac{n(6.6 \times 10^{-34})(\frac{3 \times 10^8}{600 \times 10^{-9}})}{120}$$

$$\rightarrow n = 3 \times 10^{19}$$

گروه آموزشی ماز

26- چه تعداد از عبارت‌های زیر درباره طیف اتمی (نشری یا جذبی) درست است؟

(الف) خطوط تاریک در طیف جذبی یک عنصر، همان خطوط روشن طیف نشری آن عنصر هستند.

(ب) طیفی که از نور خورشید دریافت می‌شود، طیف جذبی خطی است.

(ج) طبق رابطه ریذبرگ طول موج طیف نشری هیدروژن به شکل $\lambda = (364/56 \text{ nm}) \frac{n^2}{n^2 - 4}$ بدست می‌آید.

(د) اگر طیف نشری بخار جیوه را از بخار هیدروژن عبور دهیم، طیف خروجی وجود نخواهد داشت.

$$4(4)$$

$$3(3)$$

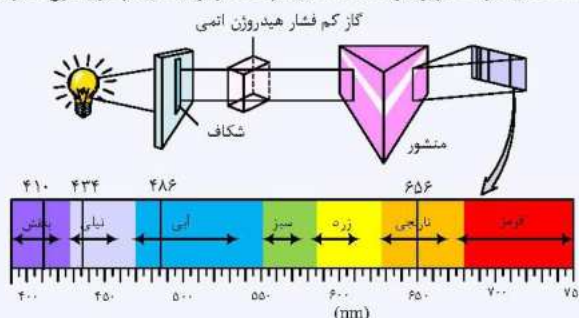
$$2(2)$$

$$1(1)$$

پاسخ: گزینه ۳

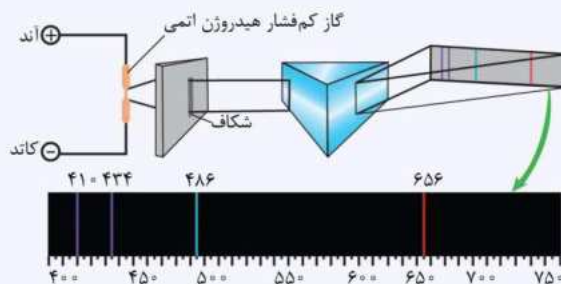
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۳۰	۶	۴	۷	سوال	دوازدهم	طیف نشری	و ترکیب			سه	متوسط

اگر نور سفید از داخل گاز عنصری عبور کند و سپس طیف آن تشکیل شود، در طیف آن خط‌های تاریکی ظاهر می‌شوند. این خط‌ها (طول موج‌ها) توسط اتم‌های گاز عنصر مورد نظر جذب شده‌اند. بنابراین طیف حاصل، جذبی خطی است. شکل زیر اسباب آزمایشی را به صورت طرح‌وار نشان می‌دهد که در آن باریکه نور سفید قبل از عبور از منشور، از گاز کم‌فشار هیدروژن می‌گذرد. با انجام این آزمایش پی می‌بریم یک طیف پیوسته (مشابه طیف رنگین کمان) با خط‌هایی تاریک درون آن مشاهده می‌شود که در آن بعضی از طول موج‌ها از نور سفید جذب شده‌اند.



شکل: روشی برای مشاهده طیف‌های جذبی. یک چشمه نور سفید که گستره‌ای پیوسته از طول موج‌ها را تولید می‌کند، از طرفی حاوی گاز کم‌فشار هیدروژن اتمی می‌گذرد و توسط منشور پاشیده می‌شود و طیف آن روی پرده تشکیل می‌شود. خط‌های تاریک روی طیف، به طول موج‌هایی از نور سفید مربوط است که توسط اتم‌های گاز جذب شده‌اند.

طیف حاصل از تخلیه الکتریکی گازها مانند لامپ روشن محتوی بخار سدیم، طیفی گسلی خطی است. برای تشکیل طیف گسلی خطی اتم‌های هر گاز نظیر هیدروژن، هلیوم، سدیم و نئون معمولاً از یک لامپ باریک و بلند شیشه‌ای که حاوی مقداری گاز رقیق و کم‌فشار است استفاده می‌شود. دو الکترود به نام‌های آند و کاتد در دو طرف این لامپ قرار دارد که به ترتیب به پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع تغذیه با ولتاژ بالا وصل‌اند. این ولتاژ بالا، سبب تخلیه الکتریکی در گاز می‌شود و اتم‌های گاز درون لامپ شروع به گسیل نور می‌کنند. آزمایش نشان می‌دهد که طیف خطی ایجاد شده و همچنین رنگ نور گسیل شده، به نوع گاز درون لامپ بستگی دارد. در میان طیف گسلی گازهای مختلف، طیف خطی هیدروژن اتمی هم از جنبه تاریخی و هم از جنبه نظری اهمیت خاصی دارد.



شکل: الف) به کمک منشور، طول موج‌های گسلی از گاز، از یکدیگر جدا و طیف خطی آن تشکیل شده است. ب) اسباب آزمایش تشکیل و مشاهده طیف گسلی گازها

درستی عبارت الف ← طیف نشری یک زمینه تاریک با چند خط روشن است. این خطوط برای یک عنصر همان خط‌های تاریک در طیف جذبی آن عنصر هستند.

درستی عبارت ب ← طیف پیوسته خورشید پس از عبور از بخار عناصر جو خورشید تا رسیدن به سطح زمین برخی از طیف‌های جذب می‌شود بنابراین یک طیف جذبی گسسته (خطی) است.

نادرستی عبارت ج ← رابطه بالمر به صورت $\frac{n^2}{n^2 - 4} = (364 / 56 \text{ nm}) \lambda$ است.

درستی عبارت د ← در طیف نشری بخار جیوه هیچ طول موجی که بتواند باعث ایجاد تغییر تراز الکترون‌های اتم هیدروژن شود، وجود ندارد.

گروه آموزشی ماز

27- چه تعداد از گزاره‌های زیر نادرست است؟

- الف- کشف الکترون، اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون و ارائه مدل کیک کشمش توسط تامسون انجام شد.
- ب- در آزمایش رادرفورد تعداد کمی از ذره‌های آلفا بدون انحراف از ورقه طلا عبور می‌کردند.
- پ- طبق نظریه بور، وقتی الکترون در مدار ثابت به دور هسته می‌چرخد به دلیل حرکت شتابدار، موج الکترومغناطیس گسیل می‌کند.
- ت- خطوط فرانیهوفر، بیانگر طیف نشری عناصر جو خورشید است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۱	۷	سوال	دوازدهم	مدل‌های اتمی	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	سختی	متوسط

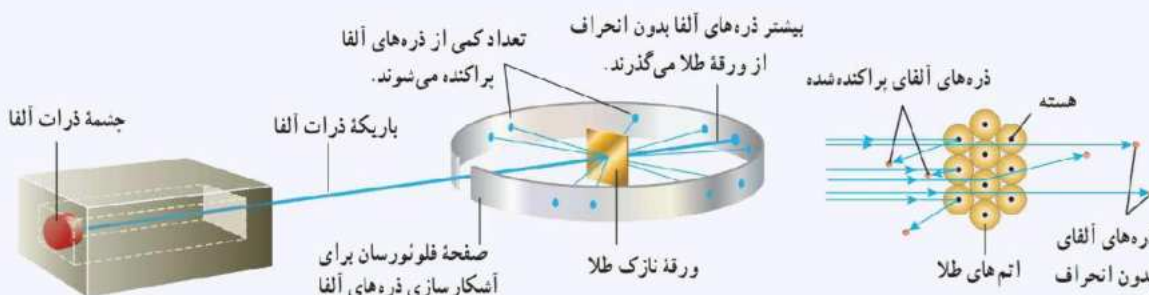
مدل‌های اتمی

مدل اتمی تامسون:

تامسون اولین شخصی بود که موفق به کشف الکترون و اندازه‌گیری نسبت بار به جرم الکترون شد. طبق مدل اتمی تامسون، اتم همچون کره‌ای است که بار مثبت به طور همگن در سرتاسر آن گسترده شده است و الکترون‌ها که سهم ناچیزی در جرم اتم دارند، در جاهای مختلف آن پراکنده شده‌اند. این مدل را گاهی کیک کشمشی هم می‌گویند.

مدل اتمی رادفورد:

رادفورد برای بررسی مدل اتمی تامسون آزمایشی را مطابق شکل زیر انجام داد. در این آزمایش باریکه‌ای از ذرات آلفا (هسته اتم هلیوم) به سطح ورقه بسیار نازکی از طلا تابانده می‌شود. همان طور که در شکل زیر می‌بینید تعداد زیادی از ذره‌ها بدون انحراف و یا با انحراف کم از ورقه طلا عبور می‌کنند و در برخورد با صفحه فلونورسان، در پشت ورقه جرقه‌های نورانی تولید می‌کنند. اما برخی از ذره‌های آلفا در هنگام خروج از ورقه طلا در زاویه‌های بزرگ منحرف و پراکنده می‌شوند و حتی تعدادی از آن‌ها به عقب برمی‌گردند. رادفورد از این آزمایش نتیجه گرفت که اتم دارای یک هسته بسیار چگال و کوچک با بار مثبت است که با تعدادی الکترون در فاصله‌هایی به نسبت دور احاطه شده است. مدل اتمی رادفورد را مدل اتم هسته‌ای یا مدل هسته‌ای اتم می‌نامند.



مدل بور:

بور مدل اتمی خود را بر مبنای سه اصل زیر مطرح کرد:

اصل ۱: مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند.
اصل ۲: وقتی یک الکترون در یکی از مدارهای مجاز است، هیچ نوع تابش الکترومغناطیسی گسیل نمی‌شود. از این رو گفته می‌شود الکترون در مدار مانا یا حالت مانا قرار دارد.

اصل ۳: الکترون می‌تواند از یک حالت مانا به حالت مانای دیگر برود. هنگام گذار الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر E_U به یک حالت مانا با انرژی کمتر E_L ، یک فوتون تابش می‌شود. در این صورت انرژی فوتون تابش شده برابر اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و مدار نهایی است و داریم:

$$E_U - E_L = hf \quad (\text{معادله گسیل فوتون از اتم})$$

به تست کنکور سال ۱۴۰۰ رشته ریاضی دقت کنید:

- کدام یک از موارد زیر را نمی‌توان برای اتم‌های هیدروژن گونه، با استفاده از مدل اتمی بور توجیه کرد؟
(۱) تبیین پایداری اتم
(۲) طول موج‌های گسیلی طیف اتم
(۳) گسسته بودن ترازهای انرژی الکترون در اتم
(۴) متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی اتم
- پاسخ: گزینه ۴
با توجه به توضیحات بالا (سه اصل مدل اتمی بور که در درسنامه آورده شده بود)، گزینه ۴ صحیح است.

پاسخ تشریحی:

فقط گزینه ۱ درست است.

بررسی سایر گزینه‌ها:

نادرستی گزینه ۲: بیشتر ذره‌های آلفا از تیغه طلا عبور می‌کنند.

نادرستی گزینه ۳: طبق نظریه کلاسیک چرخش الکترون باعث گسیل موج الکترومغناطیس می‌شود ولی در نظریه بور تا وقتی تغییر مدار رخ ندهد، گسیل یا جذب موج انجام نمی‌شود.

نادرستی گزینه ۴: خطوط فرانیهوفر به دلیل جذب برخی از طیف‌های خورشید در گازهای جو خورشید و جو زمین، قبل از رسیدن به زمین است.

گروه آموزشی ماز

28 - در اتم هیدروژن کوتاه‌ترین طول موج گسترده فروسرخ چند برابر خط دوم رشته بالمر است؟ (در رشته‌های لیمان و بالمر و پاشن و براکت و پفوند n' به‌ترتیب از ۱ تا ۵ است)

$$\frac{16}{9} \quad (4)$$

$$\frac{25}{11} \quad (3)$$

$$\frac{25}{9} \quad (2)$$

$$\frac{27}{16} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناختی	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۳	۵	۵	۶	سوال	دوازدهم	معادله ریذبرگ	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سختی	ساده

معادله ریذبرگ

ریذبرگ با بررسی بیش‌تر طیف اتم هیدروژن، رابطه‌ی نهایی زیر را برای طول موج‌های مختلف اتم هیدروژن به‌دست آورد:

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

R یک ثابت فیزیکی به نام ثابت ریذبرگ برای اتم هیدروژن است که برای تمام سری‌های طیف اتم هیدروژن یکسان و برابر $R = 0.010973731 \text{ (nm)}^{-1}$ است

که برای سادگی از مقدار تقریبی 0.011 (nm)^{-1} یا 0.01 در محاسبات استفاده می‌کنیم.

در جدول زیر سری‌های مربوط به طول موج‌های اتم هیدروژن نوشته شده است. هر سری به نام یک دانشمند نام‌گذاری شده است.

نام رشته	مقدار n'	رابطه ریذبرگ مربوط	مقدارهای n	گستره طول موج
لیمان	$n' = 1$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 2, 3, 4, \dots$	فرابنفش
بالمر	$n' = 2$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 3, 4, 5, \dots$	فرابنفش و مرئی
پاشن	$n' = 3$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 4, 5, 6, \dots$	فروسرخ
براکت	$n' = 4$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 5, 6, 7, \dots$	فروسرخ
پفوند	$n' = 5$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	$n = 6, 7, 8, \dots$	فروسرخ

نکته:

در رشته بالمر به ازای $3 \leq n \leq 6$ طول موج در گستره نور مرئی است و به ازای $n \geq 7$ طول موج در گستره فرابنفش است.

پاسخ تشریحی:

نام رشته	n'	محدود n	n برای بیشترین انرژی (کوتاه‌ترین طول موج)	n برای کمترین انرژی (بلندترین طول موج)
لیمان	۱	۲ و ۳ و ۴ و ...	∞	۲
بالمر	۲	۳ و ۴ و ۵ و ...	∞	۳
پاشن	۳	۴ و ۵ و ۶ و ...	∞	۴
براکت	۴	۵ و ۶ و ۷ و ...	∞	۵
پفوند	۵	۶ و ۷ و ۸ و ...	∞	۶

وقتی می‌گوییم خط دوم رشته n' یعنی الکترون از $n' + 2$ به $n' = 2$ برسد.

به عنوان مثال برای خط دوم رشته بالمر از $n = 4$ به $n' = 2$ می‌رسد.

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{9}{R}$$

$$\frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) \rightarrow \lambda' = \frac{16}{3R}$$

$$\rightarrow \frac{\lambda_{\min}}{\lambda'} = \frac{\frac{9}{R}}{\frac{16}{3R}} = \frac{27}{16}$$

گروه آموزشی ماز

29 - در اتم هیدروژن اگر الکترون در تراز $n = 5$ باشد، با در نظر گرفتن همه گذارهای ممکن چند مورد از عبارت‌های زیر درست است؟

الف - 10 نوع فوتون با بسامدهای متفاوت گسیل می‌شود.

ب - 3 نوع فوتون مرئی گسیل می‌شود.

پ - 3 نوع فوتون فروسرخ گسیل می‌شود.

ت - 4 نوع فوتون فرابنفش گسیل می‌شود.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۶	۵	۷	سوال	دوازدهم	گذارهای اتم هیدروژن	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سختی	ساده

پاسخ تشریحی

درستی مورد الف:

تراز مبدأ	تراز مقصد
۵	→ ۴, ۳, ۲, ۱
۴	→ ۳, ۲, ۱
۳	→ ۲, ۱
۲	→ ۱

درستی مورد ب: برای گسیل طیف مرئی: $(5 \rightarrow 2), (4 \rightarrow 2), (3 \rightarrow 2)$

درستی مورد پ: برای گسیل طیف فروسرخ: $(5 \rightarrow 4), (5 \rightarrow 3), (4 \rightarrow 3)$

درستی مورد ت: برای گسیل طیف فرابنفش: $(5 \rightarrow 1), (4 \rightarrow 1), (3 \rightarrow 1), (2 \rightarrow 1)$

گروه آموزشی ماز

30 - در اتم هیدروژن، الکترون در تراز $n = 5$ قرار دارد. کوتاه‌ترین طول موجی که می‌تواند جذب کند چند نانومتر است؟ ($R = 0.1 \text{ nm}^{-1}$)

۲۱۰۰ (۴)

۱۲۰۰ (۳)

۱۸۰۰ (۲)

۲۵۰۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۵	۶	سوال	دوازدهم	انرژی هم تراز	و ترکیب	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	سختی	ساده

انرژی هم تراز

وقتی تغییر تراز در اتم هیدروژن رخ می‌دهد با دو روش می‌توانیم طول موج یا بسامد فوتون جذب یا گسیل شده را تعیین کنیم.

روش ۱: طبق نظریه بور وقتی الکترون در اتم هیدروژن از تراز n_1 به تراز n_2 می‌رسد با توجه به این‌که انرژی در تراز n معادل $\frac{-E_R}{n^2}$ است، بنابراین برای محاسبه

طول موج جذب یا گسیل شده و تغییر انرژی چنین خواهیم داشت:

$$\Delta E = E_f - E_i = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\frac{-E_R}{n_f^2} - \left(\frac{-E_R}{n_i^2} \right) = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

روش ۲: طبق رابطه ریدبرگ برای طول موج گسیلی خواهیم داشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \rightarrow \frac{f}{c} = R \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

پاسخ تشریحی:

برای جذب کوتاه‌ترین طول موج، الکترون از تراز $n = 5$ به بالاترین تراز منتقل می‌شود.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \xrightarrow{n_i=\infty} \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{1.0} \left(\frac{1}{25} - 0 \right) \rightarrow \lambda = 2500 \text{ nm}$$

گروه آموزشی ماز

31 - در اتم هیدروژن الکترون از تراز n با انرژی تقریبی $-1/51 \text{ eV}$ به تراز پایه جهش کرده است. در این صورت انرژی آزاد شده الکترون‌ولت و اندازه تغییر شعاع مدار الکترون است. (a شعاع اولین مدار هیدروژن و $E_R = -13/6 \text{ eV}$ است.)

$$3a, -10/2 \quad (2)$$

$$8a, -12/0.9 \quad (1)$$

$$5a, -10/2 \quad (4)$$

$$5a, -1/89 \quad (3)$$

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۵	۶	۷	سوال	دوازدهم	انرژی هم تراز	انرژی هم تراز	۵	۵	سختی	متوسط

انرژی هم تراز

مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند، یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند. بور روابط زیر را برای شعاع مدارها و انرژی الکترون در اتم هیدروژن به دست آورد.

$$\text{ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن } E_n = -\frac{E_R}{n^2} \text{ و شعاع مدارهای الکترون در اتم هیدروژن } r_n = a \cdot n^2 \text{ است.}$$

در روابط بالا n شماره مدار (تراز) است که به آن عدد کوانتومی گویند و مقدارهای آن $(n = 1, 2, 3, \dots)$ است.

a شعاع اولین مدار (شعاع کوچک‌ترین مدار) الکترون به ازای $n = 1$ است که مقدار آن $a = 5/29 \times 10^{-11} \text{ m}$ است که به آن شعاع بور برای اتم هیدروژن گویند.

E_R برابر $13/6 \text{ eV}$ است که آن را یک ریدبرگ می‌نامند. انرژی الکترون در تراز $n = 1$ برابر $-13/6 \text{ eV}$ است. این تراز را تراز پایه گویند.

پاسخ تشریحی:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \rightarrow -1/51 = \frac{-13/6}{n^2} \rightarrow n^2 = 9 \rightarrow n = 3$$

بنابراین الکترون از تراز $n = 3$ به تراز $n = 1$ جهش کرده است یعنی انرژی آن از $-1/51 \text{ eV}$ به $-13/6 \text{ eV}$ کاهش پیدا می‌کند و شعاع مدار طبق رابطه $r_n = n^2 a$ از $r_1 = a$ به $r_3 = (3)^2 a = 9a$ خواهد رسید.

$$\Delta E = -13/6 - (-1/51) = -12/0.9$$

$$\Delta r = a, -9a, -8a$$

گروه آموزشی ماز

32- در اتم هیدروژن، الکترون در تراز $n=4$ قرار دارد. چند مورد از عبارات‌های زیر درست است؟

الف- پرنرژی‌ترین فوتون جذب شده، انرژی‌اش، $\frac{1}{15}$ برابر پرنرژی‌ترین فوتون گسیل شده است.

ب- با در نظر گرفتن کلیه گذارهای ممکن، ۲ نوع فوتون مرئی و ۲ نوع فوتون فرابنفش و یک نوع فوتون فروسرخ گسیل می‌شود.

پ- شعاع مدار حرکت الکترون ۱۶ برابر شعاع بور است.

ت- دومین خط جذبی آن، طیف فروسرخ است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۳۰	۷	۷	۸	سوال	دوازدهم	انرژی هم تراز					

پاسخ تشریحی:

درستی عبارت الف ←

$$\Delta E_{\infty \rightarrow 4} = E_{\infty} - E_4 = 0 - \frac{-E_R}{16} = \frac{E_R}{16}$$

$$\Delta E_{4 \rightarrow 1} = E_4 - E_1 = \frac{-E_R}{16} - (-E_R) = \frac{15}{16} E_R$$

درستی عبارت ب ←

فرابنفش مرئی‌ها همه گذارهای ممکن
 $4 \rightarrow 3, 2, 1$ $(3 \rightarrow 2), (4 \rightarrow 2)$ $(2 \rightarrow 1), (3 \rightarrow 1), (4 \rightarrow 1)$
 فروسرخ
 $3 \rightarrow 2, 1$ $(4 \rightarrow 3)$
 $2 \rightarrow 1$

درستی عبارت پ ← (a. شعاع بور نامیده می‌شود) $r = n^2 a_0 = 16a_0$

درستی عبارت ت ← وقتی الکترون از تراز $n=4$ به $n=6$ تغییر تراز می‌دهد دومین خط جذبی خواهد بود که بسامد آن برابر است با خط دوم رشته پراکت. می‌دانیم که خطوط رشته پراکت، فروسرخ هستند.

گروه آموزشی ماز

33- کدام گزینه درباره طیف اتمی هیدروژن نادرست است؟

(۱) انرژی برانگیختگی الکترون در محدوده 13.6 eV تا صفر است.

(۲) نسبت انرژی ریدبرگ به ثابت ریدبرگ برابر با hc است.

(۳) مدل اتمی بور، نمی‌توانست گسسته بودن طیف نشری هیدروژن را توجیه کند.

(۴) طبق الگوی بور، هرچه از هسته دورتر می‌شویم، فاصله بین مدارها افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۳۰	۸	۸	۸	سوال	دوازدهم	انرژی هم تراز					

پاسخ تشریحی:

درستی گزینه ۱ ←

$$E_n = \pm \frac{E_R}{n^2}$$

علامت منفی ← انرژی برانگیختگی الکترون

علامت مثبت ← انرژی بستگی الکترون

$$-13.6 \text{ eV} \leq E_n \leq 0$$

$$0 \leq E_n \leq 13.6 \text{ eV}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{رابطه ریذبرگ} \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \xrightarrow{\lambda = \frac{c}{f}} \frac{f}{Rc} = \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \\ \text{رابطه بور} E_2 - E_1 = hf = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow E_R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = hf \\ \rightarrow \frac{f}{Rc} = \frac{hf}{E_R} \rightarrow \frac{E_R}{R} = hc \end{array} \right.$$

نادرستی گزینه ۳ ← الگوی رادرفورد بود که نمی‌توانست گسسته بودن طیف نشری هیدروژن را توجیه کند و بور با توجه به اصول و تعاریفی که ارائه کرد توانست گسسته بودن این طیف را توجیه کند.

درستی گزینه ۴ ← با افزایش فاصله از هسته فاصله بین مقادیر انرژی کمتر می‌شود ولی فاصله بین مدارها افزایش می‌یابد.

$$a. \rightarrow 4a. \rightarrow 9a. \rightarrow 16a.$$

گروه آموزشی ماز

34- در اتم هیدروژن، الکترونی در حالت برانگیخته دوم قرار دارد. اگر فوتونی با انرژی $12/09$ الکترون‌ولت به این اتم تابیده شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

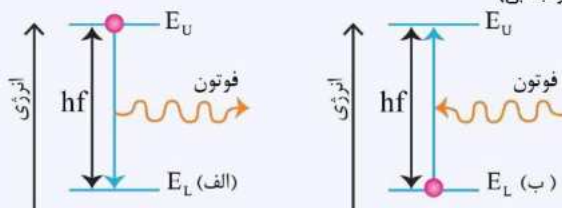
- (۱) دو الکترون از تراز $n=3$ به تراز پایه می‌روند و یک فوتون آزاد می‌شود.
- (۲) یک الکترون از تراز $n=3$ به $n=2$ منتقل می‌شود و دو فوتون آزاد می‌شود.
- (۳) یک الکترون از تراز $n=3$ به تراز پایه منتقل می‌شود و دو فوتون آزاد می‌شود.
- (۴) دو الکترون از تراز $n=3$ به $n=2$ منتقل می‌شود و یک فوتون آزاد می‌شود.

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه سوال	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه ۱۰	۵	۶	۶	دوازدهم	انرژی هر تراز	و ترکیب				سه	سه

انرژی هم تراز

با توجه به الگوی اتمی بور وقتی الکترون با جذب یک فوتون با طول موج λ از تراز n' به تراز n می‌رود، در بازگشت از تراز n به n' همان فوتون را با همان طول موج گسیل می‌کند. در این صورت یک عنصر همان طول موج‌هایی را جذب می‌کند که اگر به علتی برانگیخته شود، آن‌ها را گسیل می‌کند. (توجیه الگوی بور برای یکسان بودن طول موج‌های گسیلی و جذبی)



البته همواره جذب فوتون باعث نمی‌شود که الکترون از تراز پایین‌تر به تراز بالاتر رود، اگر انرژی جذب شده توسط فوتون در تراز n برابر اختلاف تراز n با تراز پایین‌تر از خود باشد، فوتون گسیل القایی می‌کند:



(الف): اتم در حال برانگیخته که با یک فوتون بر هم کنش دارد.

(ب): گسیل القایی که در آن دو فوتون هم‌جهت، هم‌فاز، هم‌سامد و هم‌انرژی ایجاد شده است.

پایه تشریحی

$$E_4 = \frac{-13/6}{16} = -0/85 \text{ eV}$$

$$E_3 = \frac{-13/6}{9} = -1/51 \text{ eV}$$

$$E_2 = \frac{-13/6}{4} = -3/40 \text{ eV}$$

$$E_1 = -13/6$$

مطابق شکل الکترون در تراز $n=3$ با جذب فوتونی با انرژی $12/09\text{eV}$ به تراز پایه منتقل می‌شود و دو فوتون با انرژی $12/09\text{eV}$ گسیل می‌شود.

گروه آموزشی ماز

35 - الکترون در اتم هیدروژن از مدار k به مدار $\frac{k}{3}$ تغییر تراز می‌دهد. شعاع مداری و نیروی کولنی بین هسته اتم و الکترون برابر می‌شود.

$81 - \frac{1}{9}$ (۱)
 $\frac{1}{81} - 9$ (۲)
 $\frac{1}{9} - 3$ (۳)
 $9 - \frac{1}{9}$ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	۵	۶	سوال	دوازدهم	شعاع اتمی مدل بور	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	سه	متوسط

شعاع اتمی مدل بور

بور مدل اتمی خود را بر مبنای سه اصل زیر مطرح کرد: اصل ۱: مدارها و انرژی‌های الکترون‌ها در هر اتم کوانتیده‌اند؛ یعنی فقط مدارها و انرژی‌های گسسته معینی مجاز هستند. طبق مدل بور شعاع مدارها در اتم هیدروژن به کمک رابطه زیر به دست می‌آید:

$$r_n = n^2 a$$

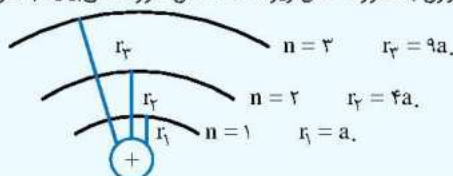
r_n ← شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن بر حسب متر (m)

a ← شعاع کوچک‌ترین مدار در اتم هیدروژن که به آن شعاع بور نیز می‌گویند. ($a = 5/29 \times 10^{-11} \text{m}$)

n ← شماره مداری که الکترون روی آن قرار دارد.

نکته:

با توجه به مدل بور شعاع لایه‌های مختلف اتم هیدروژن به صورت شکل زیر است. همان طور که می‌بینید با افزایش n فاصله لایه‌ها افزایش می‌یابد.



پاسخ تشریحی:

$$r = n^2 a, \rightarrow \frac{r_2}{r_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = \left(\frac{3}{1}\right)^2 = \frac{9}{1}$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \left(\frac{r_1}{r_1}\right)^2 = (1)^2 = 1$$

گروه آموزشی ماز

36 - در اتم هیدروژن، وقتی الکترون از تراز n به تراز $n+2$ تغییر تراز می‌دهد، شعاع مدار $21a$ تغییر می‌کند. انرژی اولیه الکترون چند ریبرگ است؟

$\frac{-1}{25}$ (۱)
 $\frac{-1}{16}$ (۲)
 $\frac{-1}{9}$ (۳)
 $\frac{-1}{4}$ (۴)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	۶	۷	سوال	دوازدهم	شعاع اتمی مدل بور	پیش نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	سه	متوسط

پاسخ تشریحی:

طبق نظریه بور:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \leftarrow \text{انرژی الکترون در مدار } n$$

$$r = n^2 a, \leftarrow \text{شعاع مدار } n$$

$$r_{(n+2)} - r_n = (n+2)a_n - n^2 a_n = 2a_n$$

$$(n^2 + 9 + 6n)a_n - n^2 a_n = 2a_n \rightarrow n^2 + 9 + 6n - n^2 = 2$$

$$9 + 6n = 2 \rightarrow 6n = 12 \rightarrow n = 2$$

$$E_{n=2} = \frac{-E_R}{2^2} = \frac{-E_R}{4}$$

گروه آموزشی ماز

37- چند مورد از عبارتهای زیر درباره لیزر درست است؟

الف- اساس کار لیزر گسیل القایی است.

ب- انرژی فوتون ورودی دقیقاً باید به اندازه اختلاف تراز فعلی الکترون با تراز بالایی باشد.

پ- اگر انرژی حاصل از درخشهای شدید نور معمولی یا تخلیههای ولتاژهای بالا فراهم شود و انرژی جمعیت الکترون ها رخ می دهد.

ت- در حالت و انرژی جمعیت، تعداد الکترون ها در ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پائین تر بیشتر است.

ث- در تراز شبه پایدار مدت زمان باقی ماندن الکترون بیشتر از تراز برانگیخته معمولی است.

۵ (۴)

۴ (۳)

۳ (۲)

۲ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز	پیش نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۶	۱	۷	سوال	دوازدهم	لیزر	و ترکیب		۱۵	۱۵	



لیزر یکی از مهم ترین اختراعات قرن بیستم است، که کاربردهای زیادی در صنعت و پزشکی دارد. از جمله مهم ترین این کاربردها عبارتند از:

۱- استفاده در چاپگرها (پرینتر لیزری) در کپی اطلاعات روی CD و DVD و خواندن اطلاعات

۲- شبکه های کابل نوری

۳- اندازه گیری دقیق طول

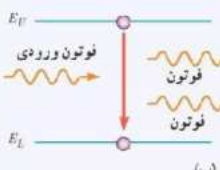
۴- در جوشکاری و برش کاری فلزات

۵- در پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه های پوستی، اصلاح دید چشم و دندان پزشکی

چگونگی ایجاد لیزر



(الف)



(ب)

همان طور که می دانید هنگامی که الکترون از تراز انرژی بالاتر (E_U) به تراز انرژی پایین تر می آید، فوتون گسیل می کند.

به طور کلی انتقال الکترون به دو صورت می تواند باعث گسیل فوتون شود:

الف) گسیل خودبه خودی: هنگامی که الکترون به صورت خودبه خودی از تراز انرژی بالاتر به تراز انرژی پایین تر می آید،

گسیل خودبه خودی صورت می گیرد. در گسیل خودبه خودی فوتون در جهتی کاتوره ای گسیل می شود.

ب) گسیل القایی: اگر به الکترونی که در حالت برانگیخته قرار دارد فوتونی با انرژی مناسب بتابد،

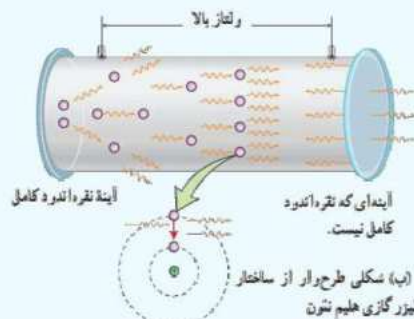
الکترون تحریک شده و به مدار انرژی پایین تر می رود و فوتونی گسیل می کند که به آن گسیل القایی می گویند.

برای روی دادن گسیل القایی باید انرژی فوتون ورودی دقیقاً برابر اختلاف انرژی دو تراز باشد.

در گسیل القایی یکی از مهم ترین ویژگی های گسیل القایی به این صورت است: یک فوتون جذب و دو فوتون خارج می شود. به این ترتیب تعداد فوتون ها افزایش یافته و نور تقویت می شود.

نکته:

در گسیل القایی یک چشمة انرژی خارجی مناسب باید وجود داشته باشد تا الکترون ها را به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کند. این انرژی می تواند به روش های متعددی از جمله درخشهای شدید نور معمولی و یا تخلیه های ولتاژ بالا فراهم شود. اگر انرژی کافی به اتم ها داده شود الکترون های بیشتری به تراز انرژی بالاتر برانگیخته خواهند شد که به آن و انرژی جمعیت گفته می شود. و انرژی جمعیت الکترون ها در یک محیط لیزری مربوط به وضعیتی است که تعداد الکترون ها در ترازهایی موسوم به ترازهای شبه پایدار نسبت به تراز پایین تر بسیار بیشتر باشند. در این ترازها الکترون ها مدت زمان بسیار طولانی تری نسبت به حالت برانگیخته معمولی باقی می مانند. این زمان طولانی تر، فرصت بیشتری برای افزایش و انرژی جمعیت و در نتیجه تقویت نور لیزر فراهم می کند. به شکل های زیر دقت کنید.



(الف) تصویری از لیزر گازی هلیوم نئون

درستی عبارت الف: اساس کار لیزر گسیل القایی است.

نادرستی عبارت ب: انرژی فوتون فرودی باید به اندازه اختلاف انرژی تراز فعلی الکترون با تراز پائین تر باشد.

$$E_3$$

$$E_2$$

$$hf = \Delta E$$

$$E_1$$

درستی عبارت های پ و ت: وقتی انرژی مناسب به الکترون اعمال می شود، تعداد الکترون های تراز برانگیخته بالاتر، بیشتر می شود (برخلاف حالت عادی که الکترون ها در تراز برانگیخته پائین تر قرار دارند)

درستی عبارت ث: در تراز شبه پایدار الکترون در حدود 10^{-3} ثانیه و در تراز برانگیخته معمولی در حدود 10^{-8} ثانیه باقی می ماند.

گروه آموزشی ماز

38 - اختلاف جرم هسته و جرم مجموع نوکلئون ها برای هسته A برابر با Δm و برای هسته B برابر با $2\Delta m$ است، در این صورت حداقل انرژی لازم برای جدا کردن نوکلئون های هسته B چند برابر هسته A است؟

- ۱) ۳ ۲) ۹ ۳) ۱ ۴) $\frac{1}{3}$

پاسخ: گزینه ۱

موضوع	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۴	۴	۵	سوال	دوازدهم	رابطه انیشتین	و ترکیب	۵	۵	سختی	ساده

رابطه انیشتین

رابطه انیشتین یکی از معروف ترین روابط فیزیک است. طبق این رابطه جرم می تواند تبدیل به انرژی شود. به رابطه زیر دقت کنید:

$$E = mc^2$$

E ← انرژی تولید شده بر حسب ژول (J)

m ← جرمی که تبدیل به انرژی شده است بر حسب کیلوگرم (kg)

c ← تندی نور ($c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)

نکته:

در برخی از سوالات کنکور انرژی تولید شده بر حسب الکترون - ولت (eV) و یا کیلووات ساعت (kWh) خواسته می شود، برای تبدیل یکای ژول به یکاهای دیگر به صورت زیر عمل می کنیم:

$$J \xrightarrow{\div (1.6 \times 10^{-19})} e.V$$

$$J \xrightarrow{\div (3.6 \times 10^6)} kWh$$

$$B = \Delta mc^2 \rightarrow \frac{B_B}{B_A} = \frac{(\Delta m)_B}{(\Delta m)_A} = 2$$

گروه آموزشی ماز

39 - بار هسته سنگین X برابر با $9/6 \times 10^{-19}$ کولن است، اگر اختلاف بین تعداد پروتون ها و نوترون های این هسته ۲ باشد، این هسته پس از گسیل دو ذره بتا، حداکثر چند پروتون خواهد داشت؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

- ۱) ۶ ۲) ۸ ۳) ۴ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۲

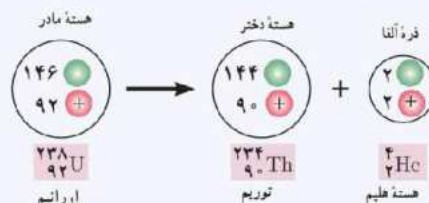
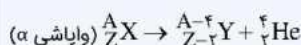
موضوع	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۷	۷	سوال	دوازدهم	ولپاشی	و ترکیب	۵	۵	سختی	متوسط

۱- این واپاشی در هسته‌های سنگین روی می‌دهد.

۲- پرتوهای α، ذرات باردار مثبت از جنس هسته اتم هلیم (${}^4_2\text{He}$) هستند و از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده‌اند.

۳- برد پرتوهای α کوتاه است. این ذرات پس از طی مسافتی کوتاه در حدود ۱cm تا ۲cm در هوا یا هنگام عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند. پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی یا ضخامت ناچیز (۰/۰۱mm) متوقف می‌شوند.

۴- اگر ذره‌های α از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند، باعث آسیب‌های شدید به بدن خواهند شد. به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است توجه کنید:



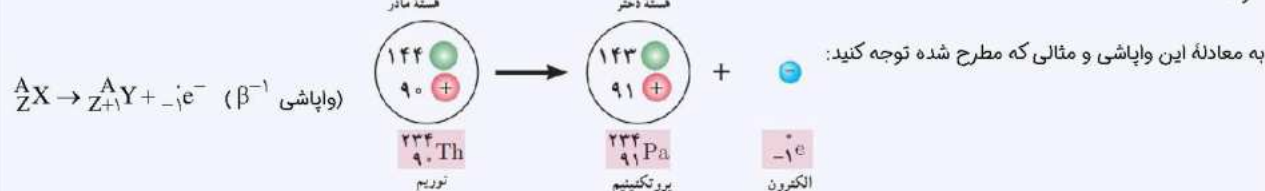
واپاشی β^- :

۱- این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها است.

۲- پرتوهای β^- در واقع همان الکترون‌ها هستند.

۳- پرتوهای β^- مسافت خیلی بیشتری را نسبت به پرتوهای α در سرب نفوذ می‌کنند. تقریباً پرتوهای β^- می‌توانند مسافتی در حدود (۱mm/۰) در سرب نفوذ کنند.

۴- الکترون گسیل شده در این واپاشی یکی از الکترون‌های مداری اتم نیست؛ این الکترون وقتی به وجود می‌آید که نوترونی درون هسته، به پروتون و الکترون تبدیل شود.



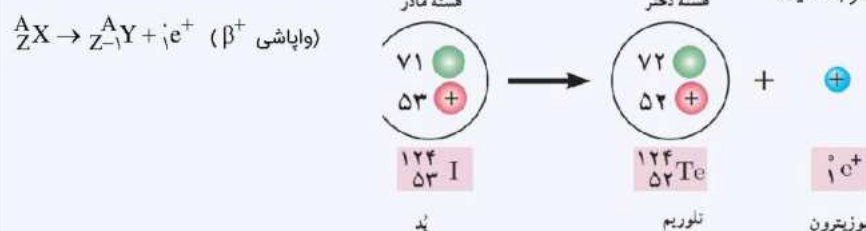
واپاشی β^+ :

۱- در این واپاشی ذره گسیل شده توسط هسته، جرم یکسانی با الکترون دارد ولی به جای بار $-e$ دارای بار الکتریکی $+e$ است. به این الکترون مثبت، پوزیترون می‌گویند و با نماد β^+ یا e^+ نمایش داده می‌شود.

۲- مسافتی که پرتوهای β^+ در سرب نفوذ می‌کنند مانند β^- در حدود (۱mm/۰) است.

۳- هنگام واپاشی β^+ یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود.

به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است توجه کنید:



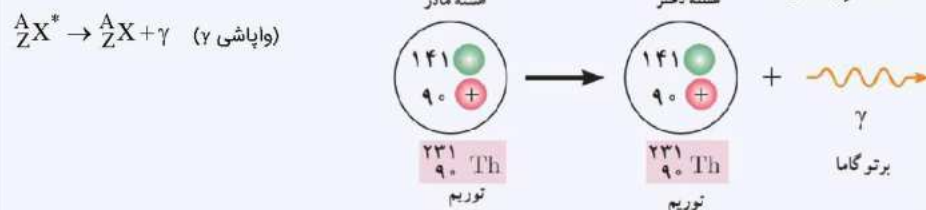
واپاشی γ :

۱- اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل پرتوی گاما به حالت پایه می‌رسند.

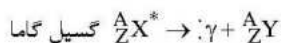
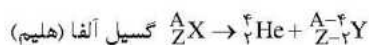
۲- پرتوهای گاما از جنس امواج الکترومغناطیسی هستند و دارای بار الکتریکی و جرم نمی‌باشند و از فوتون‌های پرانرژی تشکیل شده‌اند.

۳- پرتوهای گاما بیشترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه سربی به ضخامت (۱۰۰mm) عبور کنند.

به معادله این واپاشی و مثالی که مطرح شده است، توجه کنید:



یک هسته رادیواکتیو با ۴ گسیل می‌تواند، پرتوزایی کند.



در گسیل بتا مثبت، یک پروتون در هسته تبدیل به پوزیترون و نوترون می‌شود و عدد اتمی کاهش می‌یابد ولی در گسیل بتا منفی با تبدیل نوترون به پروتون و الکترون، عدد اتمی افزایش می‌یابد، پس برای حداکثر شدن تعداد پروتون باید واپاشی β^- انجام شود.

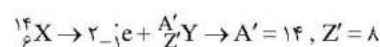
قدم اول: محاسبه تعداد پروتون‌های درون هسته

$$q_{\text{هسته}} = ze \rightarrow z = \frac{9/6 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} = 6$$

قدم دوم: محاسبه N و Z، از آن‌جا که هسته سنگین است، پس $N > Z$ است.

$$Z = 6 \rightarrow N = 6 + 2 = 8 \rightarrow {}_6^{14}\text{X}$$

قدم سوم: محاسبه A و Z پس از واپاشی



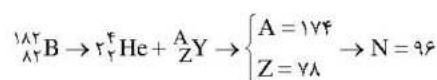
گروه آموزشی ماز

40- شکل مقابل نمودار N-Z را برای ۴ عنصر نمایش می‌دهد. هسته با گسیل به هسته تبدیل می‌شود.

۱) A - ۲ ذره بتا مثبت - C
۲) C - ۴ ذره بتا منفی - D
۳) B - ۲ ذره آلفا - D
۴) C - ۳ ذره آلفا - D

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	۵	۸	سوال	دوازدهم	واپاشی	ترکیب	☑	☑	نسبتی	ساده



بنابراین هسته B با گسیل ۲ ذره آلفا به هسته D تبدیل می‌شود.

گروه آموزشی ماز

- 41- چند گزینه نادرست بین گزینه‌های زیر وجود دارد:
- الف- متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها، واپاشی β است.
- ب- در آشکارسازهای دود به کمک اشعه آلفا، وجود دود بین صفحات، باعث می‌شود تا یون‌های ایجاد شده، جریان قوی‌تری بین صفحات ایجاد کنند.
- پ- پرتوهای آلفا با قدرت نفوذ 0.1mm در سرب کمترین نفوذ، و ذرات گاما با نفوذ 100mm در ورقه سربی بیشترین نفوذ را دارند.
- ت- در گسیل اشعه پوزیترون نسبت $\frac{N}{Z}$ افزایش می‌یابد.

۴ (۴)

۳ (۳)

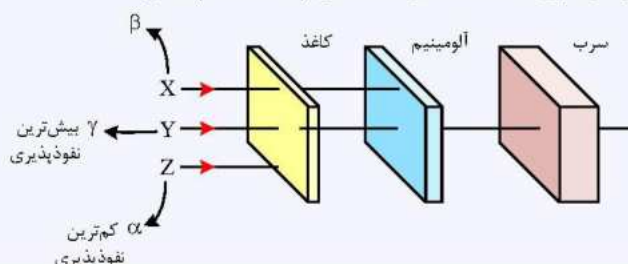
۲ (۲)

۱ (۱)

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۳	۶	۵	۷	سوال	دوازدهم	واپاشی و پرتوزایی طبیعی	پیش نیاز و ترکیب	☑	☑	سطحی	متوسط

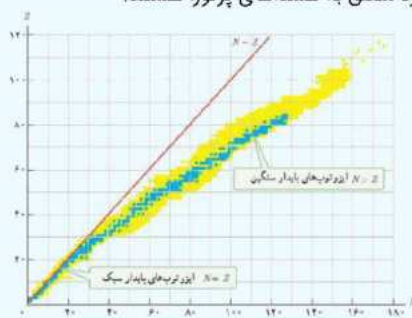
واپاشی و پرتوزایی طبیعی

در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتو ایجاد می‌شود: پرتوهای آلفا (α)، پرتوهای بتا (β) و پرتوهای گاما (γ). پرتوهای α کم‌ترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز ($\approx 0.1 \text{ mm}$) متوقف می‌شوند، در حالی که پرتوهای β مسافت خیلی بیشتری را ($\approx 1 \text{ mm}$) در سرب نفوذ می‌کنند. پرتوهای γ بیش‌ترین نفوذ را دارند و می‌توانند از ورقه‌ای سربی به ضخامت قابل ملاحظه‌ای ($\approx 100 \text{ mm}$) بگذرند.

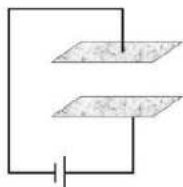


نکته

هنگامی که تعداد پروتون‌های داخل هسته افزایش می‌یابد، تمام پروتون‌های هسته به یکدیگر نیروی دافعه الکتروستاتیکی وارد می‌کنند، اما فقط نوکلئون‌های مجاور به یکدیگر نیروی جاذبه هسته‌ای وارد خواهند کرد و افزایش نیروی دافعه بیشتر از افزایش نیروی جاذبه می‌شود، حال اگر هسته بخواهد پایدار باقی بماند، باید تعداد نوترون‌های درون هسته نیز افزایش یابد. در شکل زیر نمودار عدد اتمی بر حسب عدد نوترونی برای عنصرهای مختلف نشان داده شده است. در این شکل نقاط آبی متعلق به هسته‌های پایدار و نقاط زرد متعلق به هسته‌های پرتوزا هستند.



پایه‌های تشریحی



درستی گزینه ۱: متداول‌ترین نوع واپاشی در هسته‌ها، واپاشی β است. اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل پرتو گاما به حالت پایه می‌رسند.

نادرستی گزینه ۲: در آشکارسازهای دود وجود اشعه آلفا ذرات هوای بین دو صفحه را به یون‌های مثبت و منفی تبدیل می‌کند، این یون‌ها جذب صفحات با بار مخالف خود، می‌شوند. وجود ذرات دود باعث کاهش جریان بین دو صفحه شده و می‌تواند هشدار دهنده آفت جریان را به کار اندازد.

درستی گزینه ۳: پرتوهای α و β و γ به ترتیب قدرت نفوذ در سرب مقادیر 0.1 mm و 1 mm و 100 mm را دارا هستند.

درستی گزینه ۴: در گسیل پوزیترون، یک پروتون در هسته تبدیل به نوترون و پوزیترون می‌شود بنابراین Z کاهش و N افزایش می‌یابد در نتیجه $\frac{N}{Z}$ افزایش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

42 - نیمه عمر یک عنصر رادواکتیو ۲۰ روز است. اگر در ۲۰ روز سوم ۳۰ گرم از این عنصر متلاشی شود، جرم باقی‌مانده پس از ۸۰ روز چند گرم است؟

۲۵ (۴)

۳۲ (۳)

۲۴ (۲)

۱۵ (۱)

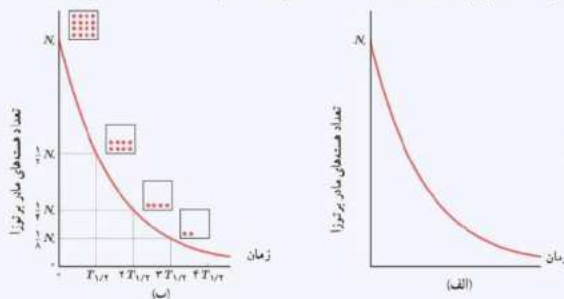
مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۳	۵	۵	۷	سوال	دوازدهم	نیمه عمر	پیش نیاز و ترکیب	☑	☑	سطحی	متوسط



نیمه عمر

هسته‌های ناپایدار با گذشت زمان دچار واپاشی می‌شوند و به ذرات، هسته‌های سبک‌تر تبدیل می‌شوند، به مدت زمانی که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه، به نصف برسند نیمه عمر می‌گویند و آن را با $T_{1/2}$ نشان می‌دهند.

فرض کنید تعداد هسته‌های مادر موجود در یک ماده پرتوزا برابر N_0 باشد، همان‌طور که در نمودارهای زیر می‌بینید، با گذشت زمان، این هسته‌ها دچار واپاشی شده و کاهش می‌یابند، همان‌طور که در نمودار سمت چپ می‌بینید با گذشت هر نیمه‌عمر تعداد هسته‌های باقی‌مانده نصف می‌شود.



برای به دست آوردن تعداد هسته‌های باقی‌مانده در یک واپاشی می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \quad m = \frac{m_0}{2^n} \quad n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

N_0 ← تعداد هسته‌های اولیه

m_0 ← جرم اولیه

t ← کل زمان واپاشی

N ← تعداد هسته‌های باقی‌مانده

m ← جرم فعال

n ← تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده

$T_{1/2}$ ← زمان نیمه‌عمر

نکات طلایی

۱- در روابط بالا یکای t و $T_{1/2}$ می‌تواند، ثانیه، دقیقه، ساعت، روز، ماه و یا سال باشد، فقط کافی است یکای این دو کمیت یکسان جایگذاری شود.

۲- در تعداد زیادی از سوالات کنکور درصد ماده باقی‌مانده و یا درصد ماده متلاشی‌شده خواسته می‌شود.

پاسخ تشریحی

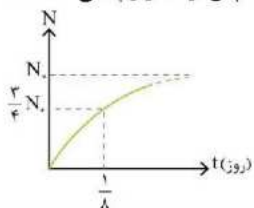
$$m_0 \xrightarrow{20 \text{ روز اول}} \frac{m_0}{2} \xrightarrow{20 \text{ روز دوم}} \frac{m_0}{4} \xrightarrow{20 \text{ روز سوم}} \frac{m_0}{8} \xrightarrow{20 \text{ روز چهارم}} \frac{m_0}{16} \rightarrow \dots$$

$$m_0 = 240 \text{ g} \rightarrow \frac{m_0}{8} = 30 \rightarrow \frac{m_0}{4} = 60 \rightarrow \text{جرم متلاشی شده در } 20 \text{ روز سوم}$$

$$\text{جرم باقیمانده} = 15 \text{ g} \rightarrow \frac{m_0}{16} = \frac{m_0}{2^{4.75}} \rightarrow \text{جرم باقیمانده پس از } 80 \text{ روز}$$

گروه آموزشی ماز

43- نمودار تعداد هسته‌های متلاشی شده برای یک عنصر رادیواکتیو بر حسب زمان مطابق شکل مقابل است. چند ساعت پس از آغاز واپاشی ۹۳/۷۵ درصد از آن متلاشی می‌شود؟



(۱) ۴

(۲) ۶

(۳) ۱۲

(۴) ۲۴

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شداسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۷	۶	۷	سوال	دوازدهم	نیمه عمر		۵	۵	سختی	متوسط

برای پاسخ گویی سریع تر به این سؤالات می توان از روش زیر استفاده کرد.
فرض کنید مقدار ماده اولیه برابر ۱۰۰٪ باشد، با گذشت یک نیمه عمر ۵۰ درصد آن متلاشی شده و ۵۰ درصد آن باقی می ماند. در ادامه با گذشت یک نیمه عمر دیگر، ۲۵ درصد ماده باقی مانده و در نتیجه مقدار واپاشیده شده به ۷۵ درصد می رسد و به همین ترتیب داریم:

۶/۲۵	۱۲/۵	۲۵	۵۰	۱۰۰ درصد	ماده باقی مانده
۹۳/۷۵	۸۷/۵	۷۵	۵۰	صفر درصد	ماده واپاشیده شده

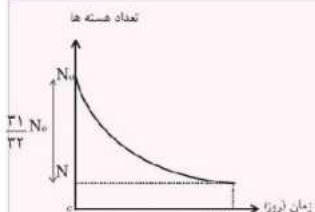
کنکور سراسری ۹۸

نمودار واپاشی هسته های یک ماده پرتوزا بر حسب زمان به صورت شکل مقابل است. نیمه عمر این ماده چند روز است؟

- (۱) ۵ (۲) ۲۵ (۳) ۵۰ (۴) ۶۲/۵

پاسخ: گزینه ۲

در طی ۱۲۵ روز، مقدار $\frac{31}{32}$ تعداد هسته اولیه از بین رفته بنابراین $\frac{1}{32}$ باقی مانده است:



$$N_{\text{باقی}} = \frac{1}{32} N_0 = \frac{1}{2^n} N_0 \rightarrow n = 5$$

$$\Delta = \frac{t}{T_{1/2}} \rightarrow \Delta = \frac{125}{T_{1/2}} \rightarrow T_{1/2} = 25$$

پاسخ تشریحی

$$N = \frac{N_0}{2^n}, \quad n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

$t \leftarrow$ زمان سپری شده

$N_0 \leftarrow$ تعداد هسته های اولیه

اگر بخواهیم ۹۳/۷۵ درصد از هسته های پرتوزا متلاشی شود یعنی ۶/۲۵ درصد از هسته ها باقی بماند.

$$N_0 \rightarrow \frac{N_0}{2} \rightarrow \frac{N_0}{4} \rightarrow \frac{N_0}{8} \rightarrow \frac{N_0}{16} \rightarrow \frac{N_0}{32} \dots$$

%۱۰۰ %۵۰ %۲۵ %۱۲/۵ %۶/۲۵ %۳/۱۲۵

$$\frac{6/25}{100} N_0 = \frac{1}{16} N_0 \rightarrow \frac{1}{16} N_0 = \frac{N_0}{2^n} \rightarrow n = 4$$

$$n = 4 = \frac{t}{T_{1/2}} \rightarrow t = 4T_{1/2} \quad (\text{زمان لازم برای اینکه ۹۳/۷۵ درصد متلاشی شود.})$$

مطابق شکل $\leftarrow \frac{1}{4} N_0 = \frac{N_0}{2^n}$ تعداد هسته های باقی مانده

$$n = 2 \rightarrow 2 = \frac{t}{T_{1/2}} \rightarrow T_{1/2} = \frac{t}{2}$$

$$\rightarrow t = 4T_{1/2} = 4\left(\frac{t}{2}\right) = \frac{1}{4} \text{ روز} \rightarrow t = 6h$$

44- نوری از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست $\frac{4}{3}$ می‌شود. اگر بسامد نور 5×10^{14} هرتز باشد، طول موج نور چند نانومتر تغییر می‌کند؟

$$(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$$

(۱) 150 nm - افزایش

(۳) 200 nm - افزایش

(۲) 150 nm - کاهش

(۴) 200 nm - کاهش

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شماره	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۶	۷	۷	سؤال	دوازدهم	شکست	و ترکیب			سه‌گنی	متوسط

شکست

وقتی موج از یک محیط وارد محیط دیگر می‌شود تندی موج تغییر کرده و ممکن است جهت انتشار موج نیز تغییر کند و اصطلاحاً موج شکست پیدا می‌کند. نکته: وقتی موج شکست پیدا می‌کند بسامد آن تغییر نمی‌کند ولی تندی و طول موج هر دو تغییر می‌کنند:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

قانون شکست عمومی:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

$\theta_2 \leftarrow$ زاویه تابش

$\theta_1 \leftarrow$ زاویه شکست

$v_1 \leftarrow$ تندی موج تابش

$v_2 \leftarrow$ تندی موج شکست

قانون شکست اسنل

$$\begin{cases} n = \frac{c}{v} \\ v = \frac{c}{n} \end{cases} \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

مثال

پرتو موجی با زاویه تابش 45° به مرز دو محیط برخورد کرده و وارد محیط دوم می‌شود. اگر تندی موج در محیط دوم $\frac{1}{\sqrt{2}}$ برابر تندی آن در محیط اول باشد:

(الف) زاویه شکست این پرتو چقدر است؟

(ب) پرتو موج در هنگام شکست چند درجه انحراف پیدا کرده است؟

$$\text{الف) } \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin 45^\circ} = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2} \rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

$$\text{ب) } D = \theta_1 - \theta_2 = 45^\circ - 30^\circ \rightarrow D = 15^\circ$$

پاسخ تشریحی:

$$\lambda_1 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{5 \times 10^{14}} = 0.6 \times 10^{-6} \text{ m} = 600 \text{ nm}$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{4} \rightarrow \lambda_2 = 600 \text{ nm} \times \frac{3}{4}$$

$$\rightarrow \lambda_2 = 450 \text{ nm}$$

پس طول موج 150 nm کاهش می‌یابد.

گروه آموزشی ماز

45- هرگاه الکترون از لایه n به لایه n' در اتم هیدروژن جابجا شود ($n > n'$) بسامد فوتون تابش شده از کدام رابطه زیر به دست می‌آید؟

$$\begin{aligned} (1) \quad & \frac{E_R}{c} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \\ (2) \quad & \frac{R}{h} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \\ (3) \quad & \frac{R}{c} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \\ (4) \quad & \frac{E_R}{h} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \end{aligned}$$

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه از ۱۰	۶	۷	۷	سؤال	دوازدهم	بسامد فوتون	و ترکیب	☒	☒	سختی	متوسط

نکته:

اینشتین در نظریه فتوالکتریک خود با توجه به نتایج کارهای ماکس پلانک فرض کرد نور با بسامد را می‌توان به صورت بسته‌های انرژی (فوتون) در نظر گرفت:

$$E = hf$$

← انرژی فوتون

$$h \leftarrow \text{ثابت پلانک برحسب J.s}$$

← بسامد نور

$$E_t = nhf$$

← تعداد فوتون

$$P.t = nhf$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n > n' \quad \text{معادله ریذبرگ:}$$

$R \leftarrow$ ثابت ریذبرگ

$$\begin{cases} r_n = n^2 a_0 \\ E_n = -\frac{E_R}{n^2} \\ E_U - E_L = hf \end{cases} \quad \text{مدل اتمی بور}$$

$$13.6 \text{ eV} \leftarrow E_R$$

$$R = \frac{E_R}{hc}$$

مثال:

بیشترین طول موج گسیلی رشته لیمان را به دست آورید؟ ($R = 0.1097 \text{ nm}^{-1}$)

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

رشته لیمان: $n' = 1$

$$\lambda_{\max}: n = n' + 1 = 2$$

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) = \frac{1}{100} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{400} \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{400}{3} \text{ nm}$$

پاسخ تشریحی:

$$f = \frac{c}{\lambda} = c \left[R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right]$$

$$\rightarrow f = c \left[\frac{E_R}{hc} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right] \rightarrow f = \frac{E_R}{h} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

گروه آموزشی ماز

۴۶- چند مورد از گزینه‌های داده شده درست است؟

- نسبیت عام مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بسیار بالا، قابل مقایسه با تندی نور است.
 - نظریه کوانتومی مربوط به مطالعه پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک مانند اتم‌ها و ذره‌های سازنده آن‌هاست.
 - پدیده‌هایی مانند طیف خطی گسیلی و جذبی و پدیده فوتوالکتریک با فیزیک جدید سازگار نبودند.
- ۱ (صفر) ۲ (۱) ۳ (۲) ۴ (۳)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۴	۰	۶	سؤال	دوازدهم	شاخه‌های فیزیک	و ترکیب	۱۵	۱۵	سهگنی	ساده

شاخه‌های فیزیک

فیزیک کلاسیک: بر پایه قوانین مکانیک نیوتونی، ترمودینامیک و نظریه الکترومغناطیس ماکسول، موفق به توجیه بسیاری از پدیده‌های فیزیکی شد.

شاخه‌های فیزیک

فیزیک جدید: بر پایه نظریه نسبیت (نسبیت خاص مربوط به مطالعه پدیده‌ها در تندی‌های بالا در حد تندی نور و نسبیت عام مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش) و نظریه کوانتومی (مطالعه پدیده‌ها در مقیاس بسیار کوچک مانند اتم و اجزای سازنده اتم‌ها)

پاسخ تشریحی:

نادرستی گزینه ۱: نسبیت خاص مربوط به مطالعه پدیده‌ها در سرعت‌های بالا در حد سرعت نور است ولی نسبیت عام مربوط به مطالعه هندسه فضا - زمان و گرانش است.

نادرستی گزینه ۳: طیف نشری خطی یا جذبی و پدیده فوتوالکتریک با فیزیک کلاسیک ناسازگار است برای توجیه این پدیده‌ها، فیزیک نوین (جدید) از نظریه‌هایی مانند کوانتوم و نسبیت استفاده می‌کند.

گروه آموزشی ماز

۴۷- در پدیده فوتوالکتریک چند مورد از گزینه‌های زیر درست است؟

- طبق دیدگاه فیزیک کلاسیک، در هر بسامدی می‌توانیم پدیده فوتوالکتریک را مشاهده کنیم.
- اگر بسامد نور تابیده شده از بسامد آستانه بیشتر باشد، با افزایش شدت تابش در همان بسامد، انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها بیشتر می‌شود.
- اگر پرتو بنفش با شدت کم نتواند الکترون از سطح فلز جدا کند، پرتو قرمز با شدت بالا ممکن است بتواند باعث ایجاد پدیده فوتوالکتریک در سطح آن فلز شود.
- مدل موجی نور، در پدیده فوتوالکتریک ناتوان است. بنابراین اینشتین نظریه فوتوالکتریک را برای توجیه این پدیده ارائه نمود.

۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۶	۰	۷	سؤال	دوازدهم	پدیده فوتوالکتریک	و ترکیب	۱۵	۱۵	سهگنی	متوسط

پدیده فوتوالکتریک



۱. جدا کردن الکترون از سطح فلز، به وسیله تابش اشعه با بسامد مناسب را پدیده فوتوالکتریک و محصول این پدیده یعنی الکترون‌های جدا شده را فوتوالکتریک می‌نامیم.

۲. مشکل فیزیک کلاسیک در پدیده فوتوالکتریک و پاسخ فیزیک جدید:

الف) فرضاً اشعه سبز رنگ بر سطح فلز بتابد و نتواند الکترون را جدا کند با افزایش شدت در همین بسامد (تقویت \vec{E} و \vec{B}) انتظار ایجاد پدیده، منطقی به نظر می‌رسد.

پاسخ: در بسامد ثابت افزایش شدت، فقط تعداد فوتون‌ها را افزایش می‌دهد ولی انرژی هر فوتون (hf) ثابت می‌ماند.

شرط ایجاد پدیده فوتوالکتریک غلبه hf بر جاذبه هسته روی الکترون است.

ب) در حالتی که پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد با افزایش شدت اشعه تابیده شده، انتظار می‌رفت که تعداد الکترون‌های جدا شده بدون محدودیت افزایش یابد ولی در عمل، تعداد فوتوالکتریک‌ها از حد معینی بیشتر نمی‌شد.

پاسخ تشریحی:

نادرستی گزینه ۲: انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها فقط به بسامد نور تابیده شده و جنس فلز بستگی دارد.

نادرستی گزینه ۳: اگر هر فوتون بتواند الکترون را از اتم جدا کند بنابراین فوتون‌های طیف قرمز نیز نمی‌تواند باعث ایجاد پدیده شود. (بنفش $hf < hf_{\text{قرمز}}$)

۴۸- کدام یک از موارد داده شده درباره طیف اتمی درست است؟

- الف) برهم کنش های قوی موجود در جسم جامد باعث گسیل طیف پیوسته می شود.
 ب) در رابطه بالمر طیف های مرئی گاز هیدروژن محاسبه می شوند و $n=2$ مربوط به خط قرمز است.
 پ) تامسون الکترون را کشف و نسبت بار به جرم الکترون را محاسبه نمود.
 ت) مدل تامسون نمی توانست تابش موج الکترومغناطیسی را توجیه کند.

(۴) ب و پ

(۳) الف و پ

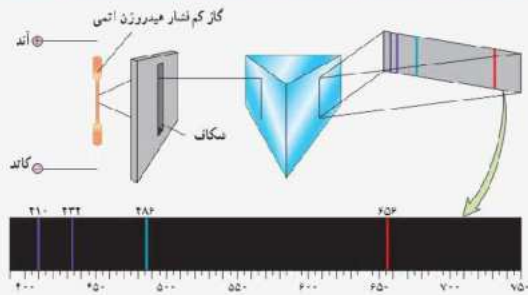
(۲) الف و ت

(۱) ب و ت

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱ تا ۱۰	۵	۲	۶	سوال	دوازدهم	مدل های اتمی		۱۵	۱۵	سهگنی	متوسط

طیف اتمی



۱. نشری: وقتی بخار رقیق و کم فشار عناصر، تحت ولتاژ بالا قرار گیرند، طیف نشری گسسته (یک زمینه تاریک با چند خط روشن) ایجاد می شود.

۲. جذبی: وقتی طیف پیوسته را از بخار رقیق و کم فشار عناصر عبور دهیم، طیف جذبی گسسته (یک زمینه روشن با چند خط تاریک) ایجاد می شود.

۳. رابطه بالمر: طیف اتمی هیدروژن، دارای ۴ خط در محدوده مرئی است.

$$\lambda = 656 / 20 \text{ nm} \quad \lambda = 486 / 0.8 \text{ nm} \quad \lambda = 410 / 13 \text{ nm} \quad \lambda = 434 / 0.0 \text{ nm}$$

طبق رابطه بالمر فقط ۴ خط مرئی اتم هیدروژن مشخص می شود.

$$\lambda = 364 / 56 \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad n=3, \text{ آبی} \quad n=4, \text{ قرمز} \quad n=5, \text{ بنفش} \quad n=6, \text{ بنفش}$$

نظریه های مربوط به اتم:

ویژگی و معایب نظریه ها

نظریه	ویژگی	نارسایی
تامسون (کیک کشمش)	توجیه گسیل طیف به دلیل ارتعاش الکترون توزیع بارهای مثبت و منفی به طور یکنواخت توجیه پایداری اتم	عدم توجیه گسسته بودن طیف اتمی
رادرفورد (اتم هسته ای)	توضیح وضعیت قرارگیری بار مثبت و منفی توسط آزمایش مهم تابش ذره های آلفا بر تیغه نازک طلا	عدم توجیه پایداری اتم عدم توجیه گسسته بودن طیف اتمی
بور (کوانتومی بودن شعاع مدار و انرژی)	توجیه پایداری اتم به کمک ترازهای مانا توجیه گسسته بودن طیف اتمی به کمک کوانتومی بودن انرژی مدارها	برای اتم هایی با تعداد بیشتر از یک الکترون توضیحی نداشت. تعداد فوتون های گسیل شده در یک بسامد خاص، معلوم نیست.

پاسخ تشریحی:

نادرستی مورد (ب): طبق رابطه بالمر $\lambda = 364 / 56 \frac{n^2}{n^2 - 4}$ در ازای $n=3$ خط قرمز ($\lambda = 656 / 20 \text{ nm}$) به دست می آید.

نادرستی مورد (ت): طبق مدل تامسون، الکترون‌ها با بسامد معین حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند این نوسان (ذره بار متحرک) باعث ایجاد موج الکترومغناطیسی می‌شود.
 بنابراین گسیل شدن موج در مدل تامسون مشکلی ندارد و قابل توجیه است ولی بسامدهای تابش گسیل شده از اتم، که این مدل پیش‌بینی می‌کرد، با نتایج تجربی سازگار نبود.

گروه آموزشی ماز

۴۹- کدام گذار بین دو تراز هیدروژن می‌تواند باعث گسیل فوتونی با طول موج $\frac{400}{3} \text{ nm}$ گردد؟ $R = \frac{1}{1.1 \times 10^8} \text{ nm}^{-1}$

۲ و ۵ (۴)

۱ و ۲ (۳)

۲ و ۷ (۲)

۱ و ۸ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم نیست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۵	۶	۶	سؤال	دوازدهم	پراش				سه	ساده



تمامی طول‌موج‌های نشری اتم هیدروژن از رابطه زیر بدست می‌آید:

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

$R = 1.097 \times 10^8 \text{ nm}^{-1}$ ثابت ریدبرگ

نام طیف	n'	n	ناحیه طیف
لیمان	۱	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۲	۳, ۴, ۵, ...	۴ خط اصلی مرئی و بقیه فرابنفش
پاشن	۳	۴, ۵, ۶, ...	فروسرخ
براکت	۴	۵, ۶, ۷, ...	فروسرخ
پفوند	۵	۶, ۷, ۸, ...	فروسرخ

نکته:

برای درک بهتر از رشته‌ها (سری‌ها) از مفهوم انرژی استفاده کنید هرچه اختلاف بین n و n' بیشتر باشد، انرژی فوتون گسیل شده بیشتر است.

ویژگی فوتون گسیل شده	معادل انرژی	نتیجه	رابطه ریدبرگ
کم‌ترین طول‌موج در رشته براکت	E_{\max}	$n' = 1, n = \infty$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right)$
بیشترین بسامد گسیلی لیمان	E_{\max}	$n' = 1, n = \infty$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty} \right)$
بلندترین طول‌موج فرابنفش	E_{\min}	$n' = 2, n = 3$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$
خط چهارم رشته بالمر	$E_{\min} < E < E_{\max}$	$n' = 2, n = 6$	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right)$

با توجه به اینکه $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ است و محدوده نور مرئی در حدود $400 \text{ nm} < \lambda < 700 \text{ nm}$ است، بنابراین طیف موردنظر فرابنفش است. یعنی این طیف می‌تواند یکی از خطوط رشته لیمان یا بالمر باشد.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\frac{400}{3}} = \frac{1}{1.1 \times 10^8} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} = \frac{3}{4} = \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} n' = 1 \\ n = 2 \end{cases}$$

مربوط به اولین خط رشته لیمان است.

گروه آموزشی ماز

- ۵۰- در اتم هیدروژن اگر نیروی کولنی وارد بر الکترون ۹۳/۷۵ درصد کاهش یابد انرژی یونش چند درصد و چگونه تغییر می کند؟
 (۱) ۲۰ درصد کاهش (۲) ۲۵ درصد افزایش (۳) ۷۵ درصد کاهش (۴) ۴۰ درصد افزایش

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	معنایاتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۱۰	۷	۶	۵	سوال	دوازدهم	انرژی ریدبرگ					

انرژی ریدبرگ

$$E_n = \pm \frac{E_R}{n^2}$$

(+) ← انرژی یونش الکترون (-) ← انرژی الکترون در تراز nام

E_R ← انرژی ریدبرگ (۱۳/۶ eV)

$$E_{up} - E_{low} = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

انرژی فوتون گسیل شده

نکته طلایی

نکته ۱: حالت $n=1$ را حالت پایه و $n=2$ را برانگیخته اول و $n=3$ را برانگیخته دوم و ... می نامیم.
 نکته ۲: در اتم هیدروژن نسبت نیروی کولنی با توان چهارم شماره مدار رابطه عکس دارد.

$$\frac{F_r}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 = \left(\frac{n_1^2 a_0}{n_r^2 a_0}\right)^2 = \left(\frac{n_1}{n_r}\right)^4$$

پاسخ تشریحی:

$$F_r = \frac{6/25}{100} F_1 = \frac{1}{16} F_1$$

$$\frac{F_r}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 \rightarrow \frac{1}{16} = \left(\frac{r_1}{r_r}\right)^2 \rightarrow r_r = 4r_1 \xrightarrow{n^2 a_0 = r} n_r = 2n_1$$

$$E = \frac{-E_R}{n^2} \rightarrow \frac{E_r}{E_1} = \left(\frac{n_1}{n_r}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$E_r = \frac{1}{4} E_1 \rightarrow E_r = \frac{25}{100} E_1$$

یعنی ۷۵ درصد کاهش در انرژی یونش رخ می دهد.

گروه آموزشی ماز

- ۵۱- در اتم هیدروژن با تغییر تراز از مدار n_1 به n_2 شعاع مدار $16a_0$ بیشتر می شود. در این حالت الکترون از حالت برانگیخته به حالت برانگیخته تغییر تراز می دهد.

(۴) به ۲ (۴)

(۳) به ۲ (۵)

(۲) به ۳ (۵)

(۱) به ۳ (۴)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	معنایاتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان ساده
درجه ۱۰	۷	۵	۵	سوال	دوازدهم	شعاع اتم بور					

روابط نظریه بور

$$r_n = n^2 a_0$$

a_0 ← شعاع اتم بور

r_n ← شعاع مدار n

پاسخ تشریحی:

با توجه به شعاع های مدار اتم هیدروژن. تغییر تراز از مدار ۳ به ۵ رخ داده است.

شماره مدار n	۱	۲	۳	۴	۵	۶
شعاع مدار r	a_0	$4a_0$	$9a_0$	$16a_0$	$25a_0$	$36a_0$

توجه کنیم که $n=3$ حالت برانگیخته ۲ و $n=5$ حالت برانگیخته ۴ است.

۵۲- اگر کمترین بسامد پرتو فرابنفش از رشته بالمر ($n' = 2$) نتواند باعث ایجاد پدیده فوتوالکتریک در سطح فلز شود کدام پرتو ممکن است بتواند الکترون را از این اتم جدا کند؟

- (۱) بلندترین طول موج رشته پاشن ($n' = 3$)
 (۲) کوتاه ترین طول موج رشته براکت ($n' = 4$)
 (۳) خط دوم رشته بالمر ($n' = 2$)
 (۴) کم انرژی ترین خط رشته لیمان ($n' = 1$)

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۵	۶	سؤال	دوازدهم	طیف ها	و ترکیب	☑	☑	اسختی	متوسط

پایه آموزشی

اگرچه در رشته بالمر کمترین بسامد مربوط به $\begin{cases} n' = 2 \\ n = 3 \end{cases}$ است، ولی کمترین بسامد فرابنفش مربوط به $\begin{cases} n' = 2 \\ n = 7 \end{cases}$ است.

نادرستی گزینه ۱: در ازای $\begin{cases} n' = 3 \\ n = 4 \end{cases}$ انرژی کمتر از حالت $\begin{cases} n' = 2 \\ n = 7 \end{cases}$ است.

نادرستی گزینه ۲: در ازای $\begin{cases} n' = 4 \\ n = \infty \end{cases}$ انرژی کمتر از حالت $\begin{cases} n' = 2 \\ n = 7 \end{cases}$ است.

نادرستی گزینه ۳: در ازای $\begin{cases} n' = 2 \\ n = 4 \end{cases}$ انرژی کمتر از حالت $\begin{cases} n' = 2 \\ n = 7 \end{cases}$ است.

درستی گزینه ۴: در ازای $\begin{cases} n' = 1 \\ n = 2 \end{cases}$ انرژی بیشتر از $\begin{cases} n' = 2 \\ n = 7 \end{cases}$ است.

گروه آموزشی ماز

۵۳- چند مورد از عبارتهای داده شده نادرست است؟

الف) در اتم هیدروژن با افزایش n ، فاصله بین شعاع مدارها کمتر و کمتر می شود.

ب) نسبت ثابت ریذبرگ به انرژی ریذبرگ معادل hc است.

پ) بسیاری از خطوط فرانیهوفر ناشی از جذب طول موج های مربوط به این خطوط در گازهای جو زمین است.

ت) طیف خورشید که به زمین می رسد یک طیف گسیلی خطی است.

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش نیاز و ترکیب	پیش نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۷	۷	سؤال	دوازدهم	شتاب گرانشی	و ترکیب	☑	☑	اسختی	متوسط

شتاب گرانشی

نسبت انرژی ریذبرگ به ثابت ریذبرگ برابر با hc است.

$$E_{up} - E_{low} = \frac{-E_R}{n'^2} - \left(-\frac{E_R}{n^2}\right) = \frac{hc}{\lambda}$$

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

نادرستی الف: با افزایش n فاصله بین انرژی ترازها، کمتر و کمتر می شود ولی فاصله بین شعاع مدارها بیشتر می شود.

$$a. \rightarrow 4a. \rightarrow 9a. \rightarrow 16a. \rightarrow \dots$$

نادرستی ب:

$$E_V - E_1 = \frac{-E_R}{n_V^2} - \left(-\frac{E_R}{n_1^2}\right) = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E_R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_V^2}\right) = hc \left(\frac{1}{\lambda}\right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_V^2}\right) \frac{E_R}{hc}$$

$$\rightarrow \frac{E_R}{hc} = R \rightarrow \frac{E_R}{R} = hc$$

نادرستی پ: بسیاری از خطوط تاریک در طیف خورشید (که به آن خطوط فرانیهوفر گویند)، ناشی از جذب طول موج‌های مربوط به آن توسط گازهای جو خورشید است.

نادرستی ت: طیف خورشید، طیف جذبی خطی است.

گروه آموزشی ماز

۵۴- کدام مورد درباره لیزر نادرست است؟

- ۱) از لیزر در برش فلزات، اندازه‌گیری دقیق طول و چاپگرها استفاده می‌شود.
- ۲) در گسیل القایی انرژی فوتون ورودی باید به اندازه اختلاف انرژی الکترون با تراز پایینی باشد.
- ۳) اساس کار لیزر گسیل خودبه‌خود است.
- ۴) فوتون گسیل شده با فوتون ورودی هم‌گام هستند.

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۵	*	۶	سؤال	دوازدهم	لیزر	پیش‌نیاز و ترکیب	☑	☑	سه‌گانه	ساده



۱. اساس کار لیزر گسیل القایی است.
۲. انرژی فوتون ورودی باید به اندازه اختلاف انرژی تراز اولیه الکترون با تراز پایینی باشد.
۳. مزیت لیزر:
 - ۱) تعداد بالای فوتون‌ها
 - ۲) هم‌بسامد بودن فوتون‌ها
 - ۳) امکان ایجاد باریکه است.
۴. در گسیل القایی الکترون‌های تراز شبه‌پایدار زمان طولانی‌تری (10^{-8} s) را نسبت به ترازهای برانگیخته معمولی (10^{-8} s) باقی می‌مانند.

پاسخ تشریحی:

اساس کار لیزر گسیل القایی است. در گسیل خودبه‌خود فوتون‌ها در جهت کاتوره‌ای گسیل می‌شود لذا قابلیت ایجاد باریکه لیزری را ندارند.

گروه آموزشی ماز

۵۵- کدام گزینه درباره گسیل القایی نادرست است؟

- ۱) تقویت نور در اثر افزایش تعداد فوتون‌ها انجام می‌شود.
- ۲) انرژی لازم جهت برانگیخته کردن الکترون‌ها می‌تواند با درخشش‌های شدید نور یا تخلیه ولتاژهای بالا فراهم شود.
- ۳) وارونی جمعیت وقتی رخ می‌دهد که الکترون‌های ترازهای شبه‌پایدار نسبت به تراز پایین‌تر بسیار کمتر باشد.
- ۴) در ترازهای شبه‌پایدار، الکترون‌ها مدت زمان طولانی‌تری نسبت به ترازهای برانگیخته معمولی، باقی می‌مانند.

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۶	*	۷	سؤال	دوازدهم	گسیل القایی	پیش‌نیاز و ترکیب	☑	☑	سه‌گانه	متوسط

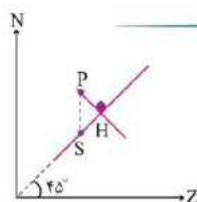
پاسخ تشریحی:

در حالت وارونی جمعیت، الکترون‌ها در تراز شبه‌پایدار بسیار بیشتر از تعداد الکترون‌ها در تراز پایین‌تر هستند.

گروه آموزشی ماز

۵۶- با توجه به شکل مقابل کدام گزینه درست است؟

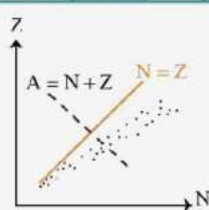
- ۱) P و S ایزوتوپ‌های دو عنصر مختلف هستند.
- ۲) P و H دارای عدد جرمی متفاوت هستند.
- ۳) اگر عدد اتمی H و S به ترتیب ۴۰ و ۳۶ باشد، عنصر P دارای ۴۴ نوترون است.
- ۴) عدد جرمی H و S برابر است.



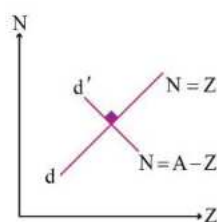
پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۷	۵	۶	سؤال	دوازدهم	نمودار Z-N	پیش‌نیاز و ترکیب	☑	☑	سه‌گانه	متوسط

نمودار تغییرات Z براساس N



- با افزایش Z
اولاً: N افزایش می‌یابد.
ثانیاً: نسبت $\frac{N}{Z}$ بیشتر می‌شود.



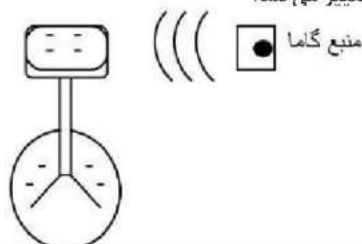
برای خط d رابطه $N = Z$ و برای خط d' رابطه $N = A - Z$ برقرار است. بنابراین عنصرهایی که روی d' قرار دارند دارای عدد جرمی برابر هستند.

$$A_H = 80 = A_P$$

$$Z_P = Z_S = 36 \rightarrow N_P = 44$$

گروه آموزشی ماز

۵۷- در شکل زیر با تابیدن پرتوی گاما، فوتوالکترن‌ها از کلاهیک برق‌نما جدا می‌شوند. اگر با ثابت ماندن بسامد، شدت تابش پرتوهای گاما را افزایش دهیم، به ترتیب از راست به چپ تعداد الکترن‌های جدا شده و تندی الکترن‌های جدا شده از کلاهیک چگونه تغییر می‌کند؟



- (۱) افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد
- (۲) ثابت می‌ماند - افزایش می‌یابد
- (۳) ثابت می‌ماند - ثابت می‌ماند
- (۴) افزایش می‌یابد - ثابت می‌ماند

پاسخ: گزینه ۴

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه از ۱۰	۷	۲	۷	سؤال	دوازدهم	اثر فوتوالکتریک و فوتون	پیش‌نیاز و ترکیب	۱۵	۱۵	سه‌گانه	متوسط

اثر فوتوالکتریک و فوتون

اگر بر کلاهیک برق‌نمایی با بار منفی، نور فرابنفش تابیده شود، مشاهده می‌شود که انحراف ورقه‌های آن کاهش می‌یابد (شکل ۱ الف) در حالی که با تابش نور مرئی، تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما رخ نمی‌دهد (شکل ۱ ب). چرا این پدیده‌ها اتفاق می‌افتد؟ آزمایش نشان می‌دهد وقتی نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطح فلزی بتابد الکترن‌هایی از آن گسیل می‌شوند (شکل ۲). این پدیده فیزیک را، اثر فوتوالکتریک و الکترن‌های جدا شده از سطح فلز را فوتوالکترن می‌نامند.



شکل ۱: الف) برهم‌کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهیک برق‌نما سبب می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به هم نزدیک شوند. ب) در حالی که برهم‌کنش نور مرئی گسیل شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌های برق‌نما به وجود نمی‌آورد.



شکل ۲: الکترن‌ها، انرژی نور فرودی را جذب می‌کنند و از سطح فلز خارج می‌شوند.

همان‌طور که در فصل ۳ دیدیم، نور، موجی الکترومغناطیسی است. بنابراین می‌توان انتظار داشت هنگام برهم‌کنش موج الکترومغناطیسی (نور فرودی) با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج، نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ به الکترن‌های فلز وارد کند و آن‌ها را به نوسان وا دارد. به این ترتیب، وقتی دامنه نوسان برخی از الکترن‌ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم را برای جدا شدن از سطح فلز پیدا می‌کنند. بنابه این دیدگاه کلاسیکی، این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد در حالی که این نتیجه با تجربه سازگار نیست.

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

شکست مدل موج الکترومغناطیسی در توضیح برخی پدیده‌ها مانند اثر فوتوالکتریک به این معنی نیست که مدل موجی نور باید کنار گذاشته شود. ولی، باید متوجه باشیم که مدل موجی، تمام ویژگی‌های نور را در بر ندارد و به همین دلیل قادر نیست توجیه درستی از تمامی پدیده‌های فیزیکی مرتبط با برهم‌کنش نور با ماده را ارائه کند.

باتوجه به پدیده فوتوالکتریک نتایج زیر حاصل می‌شود.
با افزایش شدت نور (با ثابت ماندن بسامد)، تعداد فوتون‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه تعداد فوتوالکتریک‌ها افزایش می‌یابد. اما تندی الکترون‌های جدا شده به دلیل ثابت ماندن انرژی هر فوتون ثابت می‌ماند. ($E = hf$)

گروه آموزشی ماز

۵۸- انرژی فوتونی با طول موج λ_1 برابر 12eV و انرژی فوتونی با طول موج λ_2 ، 6eV است. انرژی فوتونی با طول موج $\lambda_3 + \lambda_1$ چند ژول است؟

$$(e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$6/4 \times 10^{-19} \text{ (۲)}$$

$$3/2 \times 10^{-19} \text{ (۱)}$$

$$9/6 \times 10^{-19} \text{ (۴)}$$

$$28/8 \times 10^{-19} \text{ (۳)}$$

پاسخ: گزینه ۲

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط
درجه ۳	۷	۷	۷	سؤال	دوازدهم	انرژی فوتون	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان متوسط

انرژی فوتون

انیشتین فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی، فوتون نام دارد که دارای انرژی‌ای است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\begin{array}{ccc} \text{تندی انتشار نور در خلأ } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) & & \text{بسامد نور فرودی (Hz)} \\ \uparrow & \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} & \uparrow \\ E = hf & & E = hf \\ \text{طول موج نور فرودی (m)} & & \text{انرژی فوتون (J)} \\ \downarrow & & \downarrow \\ \text{ثابت پلانک (J.s)} & & \text{ثابت پلانک (J.s)} \end{array}$$

* تندی انتشار نور در خلأ، $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است.

* ثابت پلانک نامیده می‌شود که مقدار آن در SI، $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ است.

انرژی هر فوتون از رابطه $E = hf$ به دست می‌آید که در آن فرکانس (f) از رابطه $f = \frac{c}{\lambda}$ به دست می‌آید. بنابراین انرژی هر فوتون را می‌توان طبق رابطه $E = \frac{hc}{\lambda}$ به دست آورد. همان طور که از این رابطه مشخص است انرژی با طول موج رابطه عکس دارد پس می‌توان نوشت:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \rightarrow \frac{E_2 = 6\text{eV}}{E_1 = 12\text{eV}} \rightarrow \frac{6}{12} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Rightarrow \lambda_2 = 2\lambda_1$$

بنابراین اگر فرض کنیم $\lambda_3 = \lambda_2 + \lambda_1$ است، پس λ_3 برابر می‌شود با:

$$\lambda_3 = \lambda_1 + \lambda_2 = 3\lambda_1$$

حال می‌توانیم طبق رابطه مقایسه‌ای $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_3}$ ، انرژی فوتون با طول موج λ_3 را محاسبه کنیم:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_3} \Rightarrow \frac{E_2}{12} = \frac{\lambda_1}{3\lambda_1} \Rightarrow E_2 = 4\text{eV}$$

توجه داشته باشید در صورت سؤال انرژی را بر حسب ژول خواسته است پس کافیت E_2 را در مقدار بار الکتریکی الکترون ضرب کنیم:

$$E_2 = 4\text{eV} = 4 \times 1.6 \times 10^{-19} = 6.4 \times 10^{-19} \text{ J}$$

گروه آموزشی ماز

۵۹- یک لامپ رشته‌ای ۶۰ واتنی از فاصله یک کیلومتری توسط ناظری دیده می‌شود. اگر بازده لامپ ۱۰ درصد و یک درصد از این تابش‌ها مربوط به طول موج ۶۶۰ نانومتر باشد، در هر دقیقه چه تعداد فوتون وارد مردمک‌های چشم‌های ناظر می‌شود؟

(مساحت مردمک چشم 2mm^2 است و $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ، $\pi \approx 3$ و تندی نور $3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است.)

(۱) 4×10^6 (۲) 6×10^6 (۳) 4×10^5 (۴) 6×10^5

پاسخ: گزینه ۱

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبصر	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه سختی	میزان
درجه ۱۰	۷	۷	۸	سوال	دوازدهم	نظریه پلانک	و ترکیب			متوسط	

نظریه پلانک:

انرژی موج الکترومغناطیس مانند اشعه فرابنفش با بسامد f (طول موج λ) ضرب صحیحی از یک مقدار ثابت به نام فوتون است. در واقع فوتون، کوچک‌ترین بخش انرژی موج الکترومغناطیس است.

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \quad \leftarrow \text{ثابت پلانک}$$

$$E = nhf \quad \leftarrow \text{انرژی موج الکترومغناطیس}$$

نکات طلایی

نکته ۱: $1\text{eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

نکته ۲: در فیزیک اتمی برای h و hc واحدهای SI مناسب نیستند.

کمیت	SI	کاربرد
h	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$	$\frac{6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}}{1.6 \times 10^{-19}}$ $(4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s})$
hc	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s} \times 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $(1.98 \times 10^{-25} \text{ J.m})$	$(4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s})(3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$ (1242 eV.nm)

نکته ۳: مقادیر کاربردی h و hc را به خاطر بسپارید.

$$h = 4.14 \times 10^{-15} \text{ eV.s} \approx 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

$$hc = 1242 \text{ eV.nm} \approx 1240 \text{ eV.nm}$$

پاسخ تشریحی:

$$P = \left(\frac{1}{100}\right) \left(\frac{1}{100}\right) (60) = 6 \times 10^{-2} \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{A} = \frac{6 \times 10^{-2}}{4 \times 3 \times 10^6} = \frac{5}{10} \times 10^{-8} = 5 \times 10^{-9} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$I = \frac{E}{At} \rightarrow E = (5 \times 10^{-9})(2 \times 10^{-6})(60) = 6 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$E = nh \frac{c}{\lambda} \rightarrow 6 \times 10^{-13} = n \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{6.6 \times 10^{-7}}$$

$$6 \times 10^{-13} = n(3 \times 10^8)(10^{-27})$$

$$n = \frac{6 \times 10^{-13}}{3 \times 10^{-19}} = 2 \times 10^6$$

توجه کنیم که برای دو مردمک تعداد فوتون‌ها 4×10^6 خواهد بود.

گروه آموزشی ماز

۶۰- الکترون در اتم هیدروژن در تراز $n = 5$ قرار دارد. چند مورد از عبارت‌های زیر در مورد این الکترون درست است؟ ($R = \frac{1}{100} \text{ nm}^{-1}$)

الف) کمترین طول موجی که می‌تواند جذب کند 2500 نانومتر است.

ب) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، ۳ نوع فوتون مرئی گسیل می‌شود.

پ) با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، ۳ نوع فوتون فروسرخ گسیل می‌شود.

ت) کمترین طول موج گسیلی $\frac{625}{4}$ نانومتر است.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشخصه	مفهومی	محاسباتی	آموزشی	شناسه	پایه	مبحث	پیش‌نیاز و ترکیب	پیش‌نیاز لازم تست	مفاهیم قابل ترکیب با	درجه	میزان
درجه ۱۰	۷	۶	۷	سؤال	دوازدهم	رابطه ریذبرگ	و ترکیب	۵	۵	سختی	متوسط

پررنگی موارد:

درستی الف:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{25} \right) \rightarrow \lambda = 2500 \text{ nm}$$

درستی ب:

(۵ → ۲) , (۴ → ۲) , (۳ → ۲)

درستی پ:

(۵ → ۴) , (۵ → ۳) , (۴ → ۳)

نادرستی ت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n^2} \right) \rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{25} \right) \rightarrow \lambda = \frac{625}{6} \text{ nm}$$

گروه آموزشی ماز



شرکت تعاونی خدمات آموزشی کارکنان
سازمان سنجش آموزش کشور

۱- گزینه ۴ درست است.

طبق رابطه $E_U - E_L = hf$ ، خواهیم داشت:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \Rightarrow E_\Delta = \frac{-E_R}{25}$$

$$E_n - E_{n'} = \frac{21}{100} E_R \Rightarrow E_\Delta - E_{n'} = \frac{21}{100} E_R \Rightarrow -\frac{1}{25} E_R - E_{n'} = \frac{21}{100} E_R$$

$$\Rightarrow E_{n'} = -\frac{25}{100} E_R = -\frac{1}{4} E_R = -\frac{1}{4} \times 1 \text{ ریذبرگ} = -\frac{1}{4} \text{ ریذبرگ}$$

۲- گزینه ۲ درست است.

نیروی هسته‌ای، کوتاه برد است و در فاصله‌ای کوچکتر از ابعاد هسته اثر می‌کند و یک پروتون یا یک نوترون، فقط نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاور خود را با نیروی هسته‌ای جذب می‌کند ولی نیروی کولنی بلند برد است و هر پروتون تمام پروتون‌های دورن هسته را دفع می‌کند. بنابراین با زیاد شدن تعداد پروتون‌ها در هسته، نقش نیروی کولنی بارزتر می‌شود.

۳- گزینه ۱ درست است.

اندازه‌گیری‌های دقیق نشان داده است که جرم هسته از مجموع جرم پروتون‌ها و نوترون‌های تشکیل دهنده‌اش، اندکی کمتر است که اگر این اختلاف جرم را طبق رابطه $E = mc^2$ ، در مربع تندی نور (c^2) ضرب کنیم، انرژی بستگی هسته‌ای به دست می‌آید.

۴- گزینه ۳ درست است.

پر انرژی‌ترین فوتون، کوتاه‌ترین طول موج را دارد \Leftarrow باید گذار $n = 2$ به $n' = 1$ انجام شود.

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{4} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{400}{3} \text{ nm}$$

۵- گزینه ۳ درست است.

$$r = n^2 a_0 \Rightarrow r_f = 16 a_0$$

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow \begin{cases} n_1 = 1 \Rightarrow E_1 = -E_R \\ n = 4 \Rightarrow E_4 = -\frac{1}{16} E_R \end{cases} \Rightarrow \frac{E_4}{E_1} = \frac{1}{16}$$

۶- گزینه ۲ درست است.

طول موج همه خطاهای طیف اتم هیدروژن در رشته لیمان در ناحیه فرابنفش قرار دارند.

۷. گزینه ۱ درست است.

زیرا خواهیم داشت:

$$E_n = \frac{-E_R}{n^2} \Rightarrow E_1 = -13.6 \text{ eV} \text{ و } E_2 = -3.4 \text{ eV}$$

$$E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow -3.4 - (-13.6) = \frac{1240}{\lambda} \Rightarrow \lambda \approx 103 \text{ nm} = 0.103 \mu\text{m}$$

۸- گزینه ۳ درست است.

زیرا می‌توان نوشت:

$$n = \frac{t}{T_1} \Rightarrow n = \frac{24h}{6h} = 4$$

$$N = \frac{N_0}{2^n} = \frac{4000}{2^4} = 250$$

۹. گزینه ۲ درست است.

۱۰- گزینه ۲ درست است.

تمام گذارهایی که به $n=1$ (رشته لیمان) ختم می‌شوند، در گستره فرابنفش قرار دارند. گذارهایی که از $n=7$ به بعد به $n=2$ ختم می‌شوند نیز، در گستره فرابنفش قرار دارند. الکترون در $n=7$ قرار گرفته است. پس ۶ گذار به $n=1$ و یک گذار به $n=2$ در گستره فرابنفش قرار می‌گیرد.

۱۱- گزینه ۳ درست است.

جرم باقی مانده از یک عنصر رادیواکتیو پس از n بار واپاشی از $m = \frac{m_0}{2^n}$ به دست می‌آید.

پس 120 سال برابر $5T_{1/2}$ است. این یعنی، سال $T_{1/2} = 24$ است. برای آن که $\frac{1}{64}$ جرم اولیه باقی بماند باید $6T_{1/2}$ از زمان

$$t = 6 \times 24 = 144 \text{ سال باشد}$$

۱۲- گزینه ۲ درست است.

$$hf_B = \Delta hf_A \rightarrow f_B = \Delta f_A \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \lambda_B = \frac{1}{\Delta} \lambda_A$$

$$\lambda_A - \lambda_B = 800 \times 10^{-9} \rightarrow \lambda_A - \frac{1}{\Delta} \lambda_A = 800 \times 10^{-9} \rightarrow \lambda_A = 10^{-6} \text{ m}$$

$$f_A - f_B = f_A - \Delta f_A = -\frac{1}{\Delta} f_A \rightarrow f_A - f_B = -\frac{1}{\Delta} \frac{V}{\lambda_A} = -\frac{1}{\Delta} \frac{3 \times 10^8}{10^{-6}}$$

$$f_A - f_B = -1/2 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

۱۳- گزینه ۴ درست است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) = R \left(\frac{n^2 - 4}{4n^2} \right) \Rightarrow \frac{4n^2}{n^2 - 4} = \lambda R = 450 \times 10^{-9} = \frac{9}{2}$$

$$\lambda n^2 = 9n^2 - 36 \rightarrow n^2 = 36 \rightarrow n = 6$$

۱۴- گزینه ۴ درست است.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = R \left(\frac{9-4}{36} \right)$$

$$\lambda = \frac{36}{\Delta R} = 7 / 2 \times 10^2 = 720 \text{ nm}$$

در محدوده طول موج مرئی است.

۱۵. گزینه ۴ درست است.

به کمک $E = n \frac{hc}{\lambda}$ و توجه به این نکته که $hc = 1240 \text{ eV.nm}$ است، داریم:

$$E_{\text{ورودی}} = E_{\text{خروجی}} \times Ra = n \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \frac{0.8 \times 6.4 \times 10^3}{1.6 \times 10^{-19}} = n \frac{1240}{3100} \rightarrow n = 8 \times 10^{22}$$

۱۶- گزینه ۱ درست است.

تمامی گذارهایی که به $n' = 3$ ختم می‌شوند، فوتون‌هایی در گستره فروسرخ تابش می‌کنند:

۴ فوتون: $7 \rightarrow 6, 5, 4, 3$

۳ فوتون: $6 \rightarrow 5, 4, 3$ $n_1 = 10$

۲ فوتون: $5 \rightarrow 4, 3$

۱ فوتون: $4 \rightarrow 3$

تمامی گذارهایی که به $n' = 1$ ختم می‌شوند و گذارهای $n \geq 7$ که به $n' = 2$ ختم می‌شود، فوتون‌های در گستره فرابنفش تابش می‌کنند:

۶ فوتون: $7, 6, 5, 4, 3, 2 \rightarrow 1$

۲ فوتون: $7 \rightarrow 2$ $n_2 = 7$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{10}{7}$$

۱۷- گزینه ۲ درست است.

با توجه به آن که $hc = 1240 \text{ eV.nm}$ است:

$$\frac{hc}{\lambda} = 4 \text{ eV} \rightarrow \lambda = \frac{1240}{4} = \frac{12400}{4} = 3100 \text{ nm}$$

اگر $\lambda < 3100 \text{ nm}$ باشد، باعث ایجاد پدیده فوتوالکتریک می‌شود. پس تنها مورد A می‌تواند باعث ایجاد پدیده فوتوالکتریک شود.

از طرف دیگر:

$$\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{3100 \times 10^{-9}} = \frac{3}{31} \times 10^{15} \text{ Hz}$$

اگر $f > \frac{3}{31} \times 10^{15} \text{ Hz}$ باشد، باعث ایجاد پدیده فوتوالکتریک می‌شود. پس مورد D هم می‌تواند باعث پدیده فوتوالکتریک شود.

۱۸- گزینه ۲ درست است.

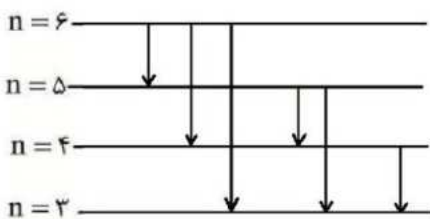
کوتاه‌ترین طول موج فروسرخ مربوط به کوتاه‌ترین طول موج رشته پاشن ($n = \infty \rightarrow n' = 3$) است. بلندترین طول موج فرابنفش نیز مربوط به انتقال از $n' = 2 \rightarrow n = 7$ است:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda_1 = \frac{9}{R} \quad (I)$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{7^2} \right) = R \left(\frac{49-4}{4 \times 49} \right) = R \left(\frac{45}{4 \times 49} \right) \rightarrow \lambda = \frac{4 \times 49}{45} R \quad (II)$$

$$\frac{(I):(II)}{\lambda_1} \rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\frac{9}{R}}{\frac{4 \times 49}{45} R} = \frac{45 \times 9}{4 \times 49} = \frac{405}{196}$$

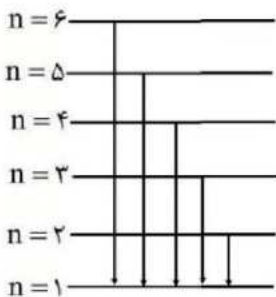
۱۹. گزینه ۳ درست است.



برای آن که فوتونها در گستره فرورسرخ قرار گیرند باید به $n = 5$ ،
 $n = 4$ و $n = 3$ ختم شوند:

$$n_1 = 6$$

برای آن که فوتونها در گستره فرابنفش قرار گیرند، باید به $n = 1$ ختم شوند:



$$n_2 = 5 \rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{6}{5}$$

۲۰. گزینه ۴ درست است.

جرم اولیه ماده رادیواکتیو $128g = 16 + 112$ است:

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^n} \rightarrow \frac{16}{128} = \frac{1}{2^n} \rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} \rightarrow 3 = \frac{12}{T_{1/2}} \rightarrow T_{1/2} = 4 \text{ ماه}$$

$$n' = \frac{24}{4} = 6$$

$$\frac{m'}{m_0} = \frac{1}{2^{n'}} \rightarrow \frac{m'}{128} = \frac{1}{2^6} \rightarrow m' = 2g$$

۲۱. گزینه ۲ درست است.

کافی است اندازه λ_0 این فلز را محاسبه کنیم. حداکثر طول موجی است که باعث رخ دادن پدیده فوتوالکتریک در این فلز می شود. در محاسبه از این نکته متن کتاب درسی که $hc = 1240 \text{ eV.nm}$ است، می توانیم استفاده کنیم:

$$\frac{hc}{\lambda} = \phi / \lambda \rightarrow \lambda_0 = \frac{1240}{\phi / \lambda} = 1550 \text{ nm}$$

پس تنها طول موج A می تواند باعث رخ دادن پدیده فوتوالکتریک در این فلز شود.

۲۲. گزینه ۴ درست است.

کوتاه ترین طول موج در هر رشته از $\lambda_{\min} = \frac{n'^2}{R}$ به دست می آید. کوتاه ترین طول موج فرورسرخ مربوط به کوتاه ترین طول موج رشته پاشن ($n' = 3$) است و کوتاه ترین طول موج فرابنفش مربوط به رشته لیمان ($n' = 1$) است:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \left(\frac{n_2'}{n_1'} \right)^2 = \left(\frac{3}{1} \right)^2 = 9$$

۲۳- گزینه ۲ درست است.

به اختلاف بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج در هر رشته، گستره طول موج‌های آن رشته گفته می‌شود:

$$\text{بالمر} \begin{cases} \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda_{\min} = 4 \times \frac{1}{R} \\ \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{36}{5} \times \frac{1}{R} \end{cases} \rightarrow \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = \left(\frac{36}{5} - 4 \right) \frac{1}{R} = \frac{16}{5} \frac{1}{R} \quad (1)$$

$$\text{لیمان} \begin{cases} \frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \rightarrow \lambda_{\min} = \frac{1}{R} \\ \frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \rightarrow \lambda_{\max} = \frac{4}{3} \times \frac{1}{R} \end{cases} \rightarrow \lambda_{\max} - \lambda_{\min} = \left(\frac{4}{3} - 1 \right) \frac{1}{R} = \frac{1}{3} \frac{1}{R} \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} = \frac{\frac{16}{5} \times \frac{1}{R}}{\frac{1}{3} \times \frac{1}{R}} = \frac{48}{5}$$

۲۴- گزینه ۲ درست است.

شعاع مدار الکترون‌ها در اتم هیدروژن کوانتومی است:

$$\begin{cases} r_n = n^2 a_0 \\ r_{n+2} = (n+2)^2 a_0 \end{cases} \rightarrow \Delta r = ((n+2)^2 - n^2) a_0 = (4n + 4) a_0 = 12 a_0 \rightarrow n = 2$$

پس الکترون میان مدارهای $n_1 = 2$ و $n_2 = 4$ جابه‌جا شده است:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \rightarrow |\Delta E| = \left| -E_R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) \right| = \frac{3}{16} E_R$$

۲۵- گزینه ۱ درست است.

هر چه اختلاف مجموع جرم نوکلئون‌ها و جرم هسته بیشتر باشد، هسته پایدارتر است. در ایزوتوپ‌های سنگین $N > Z$ است. در هر نیمه عمر تعداد هسته‌های واپاشیده شده با تعداد هسته‌های باقی مانده در پایان آن نیمه عمر یکسان است.

۲۶- گزینه ۲ درست است.

در اولین حالت برانگیخته، عدد کوانتومی $n = 2$ است.

$$E_{(2)} = \frac{-13.6 \text{ eV}}{2^2} = -\frac{13.6 \text{ eV}}{4} = -3.4 \text{ eV}$$

۲۷- گزینه ۳ درست است.

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \text{ معادله کلی} \\ \frac{1}{\lambda_1} &= R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) = 0.11 \times \frac{16-9}{144} = \frac{77 \times 10^{-3}}{144} \\ \frac{1}{\lambda_1} \Rightarrow \lambda_1 &= \frac{144}{77 \times 10^{-3}} = \lambda_1 = 1870 \text{ nm} \\ \frac{1}{\lambda_2} &= R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right) = 0.11 \times \frac{25-9}{225} = \frac{176 \times 10^{-3}}{225} \\ \lambda_2 &= \frac{225}{176 \times 10^{-3}} = 1278 \text{ nm} \end{aligned}$$

۲۸. گزینه ۳ درست است.

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{رابطه اصلی:}$$

$$hc = 6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8 = 1.99 \times 10^{-25} \text{ J.m} \quad \text{اول محاسبه } hc :$$

حال J را بر حسب eV, m را به nm تبدیل می‌کنیم:

$$hc = 1.99 \times 10^{-25} \times \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}} \right) = 1.24 \times 10^3 \text{ eV.nm}$$

$$\rightarrow E = \frac{1.24 \times 10^3 \text{ eV.nm}}{500 \text{ nm}} = 2.48 \text{ eV}$$

۲۹. گزینه ۳ درست است.

$$\Delta m = 2.5 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E = mc^2 \quad \rightarrow \quad E = 2.5 \times 10^{-28} \times (3 \times 10^8)^2$$

$$E = 2.5 \times 10^{-28} \times 9 \times 10^{16}$$

$$E = 22.5 \times 10^{-12} = 2.25 \times 10^{-11} \text{ J}$$

$$E = 2.25 \times 10^{-11} \text{ J} \times \left(\frac{1 \text{ eV}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}} \right)$$

$$E = 1.41 \times 10^8 \text{ eV}$$

۳۰. گزینه ۲ درست است.

بخش ۴-۴ کتاب درسی، گسیل خودبه‌خود مطالعه شود.

۳۱. گزینه ۴ درست است.

واپاشی B^+ در صفحه ۱۱۸ کتاب درسی و مثال شکل ۴-۲۶ مطالعه شود.

۳۲. گزینه ۳ درست است.

الف) نادرست

ب) نادرست

پ) درست

ت) درست

۳۳. گزینه ۱ درست است.

$$R = 0.01 \frac{1}{\text{nm}} \times \frac{10^9 \text{ nm}}{\text{m}} = 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = cR \left(\frac{1}{n'} - \frac{1}{n} \right) \quad n = n' + 4$$

$$f = 3 \times 10^8 \times 10^7 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{5} \right) = 2.88 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

۳۴. گزینه ۲ درست است.

$${}_{90}^{229}\text{Th} \rightarrow {}_{87}^{221}\text{Fr} + n_1 {}_2^4\alpha + n_2 {}_{-1}^0\beta^-$$

$$229 = 221 + 4n_1 + 0 \rightarrow n_1 = 2$$

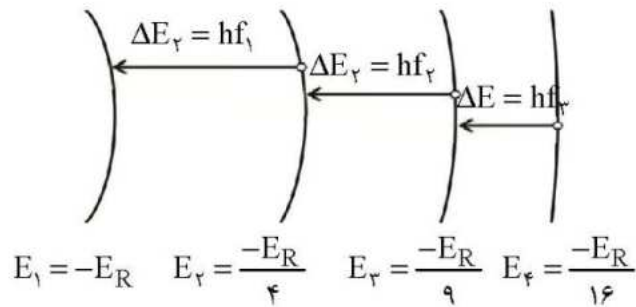
$$90 = 87 + 2n_1 - n_2 \rightarrow n_2 = 1$$

۳۵. گزینه ۴ درست است.

فیزیک کلاسیک قادر به توجیه تابش گرمایی است و آن را نتیجه ارتعاش ذرات باردار در سطح جسم می‌داند. هرچه دما بالاتر رود این ارتعاشات بیشتر می‌شود و در نتیجه امواج الکترومغناطیسی با شدت بیشتری تابش می‌شوند.

۳۶. گزینه ۱ درست است.

هر چه به مدارهای بالاتر برویم اختلاف انرژی دو مدار متوالی کمتر می‌شود پس بسامد فوتون تابشی نیز کمتر می‌شود.



۳۷. گزینه ۲ درست است.

$$\frac{m'}{m_0} = \frac{21000}{24000} = \frac{v}{\lambda} \rightarrow \frac{m}{m_0} = 1 - \frac{v}{\lambda} = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \frac{1}{\lambda^n} = \frac{1}{\lambda} \rightarrow n = 3$$

پس نقطه نشان داده شده سومین نیمه عمر است.

$$3T_{\frac{1}{2}} = 12 \rightarrow T_{\frac{1}{2}} = 4 \text{ day}$$



1 تست و پاسخ

انرژی هر کوانتوم یک موج الکترومغناطیسی 8 eV است. این موج در کدام ناحیه از طیف الکترومغناطیسی قرار دارد؟ ($hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$)
 (۱) فروسرخ (۲) نور مرئی (۳) فرابنفش (۴) رادیویی

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره حتماً گستره طول موج نور مرئی یعنی 400 nm تا 750 nm را بلد باشید تا بتوانید ناحیه طیف موج خواسته شده را به دست آورید.

درس نامه

(۱) انرژی فوتون، اگر نور را به صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر بگیریم، انرژی هر یک از این بسته‌ها که کوانتوم انرژی یا انرژی هر فوتون گفته می‌شود، از رابطه مقابل به دست می‌آید:

ثابت پلانک ($J \cdot s$) تندی انتشار امواج الکترومغناطیسی (m/s)

$$E = hf \quad \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} \quad E = \frac{hc}{\lambda}$$

انرژی یک فوتون (J) بسامد نور (s^{-1}) طول موج نور (m)

برای n فوتون مشابه می‌توان نوشت:

$$E = nhf = n \frac{hc}{\lambda}$$

تعداد فوتون

(۲) طیف امواج الکترومغناطیسی به ترتیب افزایش طول موج: گاما، ایکس، فرابنفش، نور مرئی، فروسرخ، ریزموج و رادیویی

پاسخ تشریحی برای این که ناحیه طیف موج الکترومغناطیسی را تشخیص دهیم، باید طول موج آن را به دست آوریم. برای این کار داریم:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1240}{8} \Rightarrow \lambda = 155 \text{ nm}$$

با توجه به این که طول موج برابر 155 nm ، یعنی کمتر از طول موج نور بنفش است، پس این موج در ناحیه فرابنفش قرار دارد.

2 تست و پاسخ

یک لامپ 100 W ، نور آبی با طول موج 500 nm و یک لامپ 200 W ، نور قرمز با طول موج 700 nm گسیل می‌کند. اگر تعداد فوتون‌های گسیلی لامپ آبی در مدت t ، برابر تعداد فوتون‌های گسیلی لامپ قرمز در مدت 1 min باشد، t کدام است؟

- (۱) ۲ دقیقه و ۴۸ ثانیه (۲) ۲ دقیقه و ۸ ثانیه (۳) ۱ دقیقه و ۲۴ ثانیه (۴) ۱ دقیقه و ۴ ثانیه

پاسخ: گزینه ۱

پاسخ تشریحی چون دو لامپ داریم، پس از رابطه $P = \frac{E}{t}$ به صورت نسبتی استفاده می‌کنیم (مشخصات نور آبی را با زیروند ۱ و مشخصات نور قرمز را با زیروند ۲ نشان می‌دهیم):

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{E_2}{E_1} \times \frac{t_1}{t_2} \xrightarrow{E = \frac{nhc}{\lambda}} \frac{P_2}{P_1} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \times \frac{t_1}{t_2} \Rightarrow \frac{200}{100} = 1 \times \frac{500}{700} \times \frac{t_1}{60}$$

$$\Rightarrow t_1 = t_2 = 168 \text{ s} \text{ یا } t_1 = 2 \text{ min}, 48 \text{ s}$$

3 تست و پاسخ

در پدیده فوتوالکتریک، انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌های جدا شده از سطح فلز به کدام یک از عوامل زیر بستگی دارد؟

- (الف) بسامد نور فرودی (ب) تعداد فوتون‌های فرودی (پ) شدت نور فرودی (۱) الف و ب (۲) الف و ت (۳) ب و پ (۴) ب و ت

پاسخ: گزینه ۲

درس نامه ..

(۱) وقتی نوری تکفام (تک رنگ) بر سطح فلزی می تابد، هر فوتون صرفاً با یکی از الکترون های فلز برهم کنش می کند. اگر فوتون انرژی کافی داشته باشد تا فرایند خارج کردن الکترون از فلز را انجام دهد، الکترون به طور آنی از آن گسیل می شود. در این صورت بخشی از انرژی فوتون صرف جدا کردن الکترون از فلز می شود و مابقی آن به انرژی جنبشی الکترون خارج شده تبدیل می شود.

$$K = hf - W$$

(۲)

K = انرژی جنبشی فوتوالکترون ها h = ثابت پلانک f = بسامد نور فرودی

W = کار (انرژی) لازم برای خارج کردن الکترون ها از سطح یک فلز که به جنس فلز و این که الکترون از چه مداری جدا شده است، بستگی دارد.

پاسخ تشریحی با توجه به درس نامه، عبارت ها را بررسی می کنیم:

الف) اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامدی موسوم به بسامد آستانه کم تر باشد، فوتون ها حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از فلز را ندارند و پدیده فوتوالکتریک رخ نمی دهد، ولی اگر بسامد نور تابیده شده بر سطح فلز از بسامد آستانه بیشتر باشد، فوتون ها حداقل انرژی لازم برای خارج کردن الکترون از فلز را دارند و پدیده فوتوالکتریک رخ می دهد. حالا اگر از نوری با بسامد بیشتر استفاده کنیم (در صورتی که پدیده فوتوالکتریک رخ دهد)، آن گاه الکترون های خارج شده از فلز (فوتوالکترون ها) انرژی جنبشی بیشتری خواهند داشت. ✓

ب و پ) اگر شدت نوری را که فوتون های آن حداقل انرژی لازم برای وقوع پدیده فوتوالکتریک را دارند، افزایش دهیم (با ثابت ماندن بسامد) در حقیقت تعداد فوتون ها را افزایش داده ایم؛ بنابراین تعداد فوتون هایی که با الکترون های فلز برهم کنش می کنند، افزایش می یابد و در نتیجه تعداد فوتوالکترون ها بیشتر می شود، در حالی که انرژی جنبشی فوتوالکترون ها بدون تغییر می ماند. ✗

ت) بسامد آستانه به جنس فلز بستگی دارد؛ بنابراین اگر نوری را به فلزی بتابانیم که بسامد آستانه آن کم تر از بسامد آستانه فلز دیگری می باشد، انرژی جنبشی سست ترین الکترون فلز با بسامد آستانه کم تر، بیشتر از سست ترین الکترون فلز دیگر است. ✓

تست و پاسخ 4

در اتم هیدروژن، الکترونی با جذب فوتونی به انرژی $J = 4.08 \times 10^{-19}$ از مدار n به مدار n' می رود. شعاع مدار n چند برابر شعاع مدار n' است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$, $E_R = 13.6 eV$)

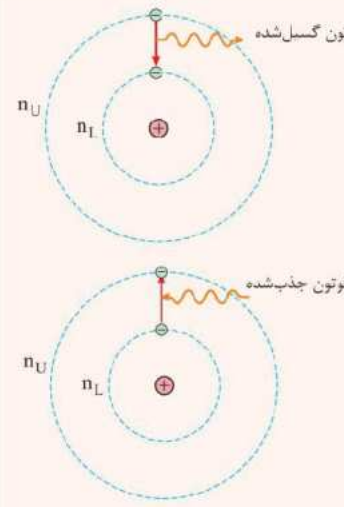
$$\frac{9}{4} \quad (۴)$$

$$\frac{4}{9} \quad (۳)$$

$$4 \quad (۲)$$

$$\frac{1}{4} \quad (۱)$$

پاسخ: گزینه ۱



درس نامه .. هنگامی که الکترون از یک حالت مانا با انرژی بیشتر (E_U) به یک حالت مانا با انرژی کم تر (E_L) می رود، یک فوتون تابش می شود. انرژی این فوتون برابر با اختلاف انرژی بین دو مدار اولیه و نهایی است.

$$E_U - E_L = hf$$

هم چنین اگر به الکترونی که در یک حالت مانا با انرژی کم تر (E_L) قرار دارد، فوتونی با انرژی $E_U - E_L$ بتابانیم، الکترون با دریافت این انرژی، به یک حالت مانا با انرژی بیشتر (E_U) می رود.

شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن:

بور نشان داد که شعاع مدارهای الکترون برای اتم هیدروژن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$r_n = a_0 n^2, \quad a_0 = r_1 = 5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$$

شعاع بور (m) ← عدد کوانتومی

شعاع مدار n ام (m)

ترازهای انرژی الکترون در اتم هیدروژن:

بور نشان داد که انرژی الکترون در مدارهای مختلف اتم هیدروژن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_n = -\frac{13.6 \text{ eV}}{n^2} \Rightarrow E_1 = -13.6 \text{ eV}, E_2 = -3.4 \text{ eV}, E_3 = -1.51 \text{ eV}, E_4 = -0.85 \text{ eV}, \dots$$

انرژی الکترون

در مدار n ام (eV)

انرژی ریدبرگ: انرژی الکترون در $n=1$ برابر $E_1 = -13.6 \text{ eV}$ است که اندازه آن را یک ریدبرگ می‌نامند و با نماد E_R نشان می‌دهند.

$$E_R = 13.6 \text{ eV}$$

پاسخ تشریحی: چون الکترون با جذب فوتون از مدار n به مدار n' می‌رود، پس انرژی فوتون برابر با اختلاف انرژی بین این دو مدار است؛ بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$E_U - E_L = hf \Rightarrow \left(\frac{-E_R}{n'^2} \right) - \left(\frac{-E_R}{n^2} \right) = \frac{4.08 \times 10^{-19} \text{ J}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ eV}}$$

$$\frac{E_R = 13.6 \text{ eV}}{n^2} \rightarrow \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \times 13.6 = 2.55$$

$$n = 2, n' = 4$$

n و n' را حساب نکنید! با توجه به مقادیر E_n در درس‌نامه، حدس بزنید!

$$\frac{r_n}{r_{n'}} = \left(\frac{n}{n'} \right)^2 \Rightarrow \frac{r_n}{r_{n'}} = \left(\frac{2}{4} \right)^2 = \frac{1}{4}$$

در آخر با استفاده از رابطه $r_n = a_0 n^2$ می‌توانیم بنویسیم:

توجه: چون الکترون، انرژی جذب کرده، به مدارهایی با شعاع بزرگ‌تر رفته، پس $r_{n'} > r_n$ و $\frac{r_n}{r_{n'}} < 1$ است؛ یعنی $\frac{r_n}{r_{n'}}$ و $\frac{r_{n'}}{r_n}$ از همان ابتدا حذف می‌شوند.

5 تست و پاسخ

در یک اتم هیدروژن، الکترون با دریافت بلندترین طول موج ممکن از اولین حالت برانگیخته‌اش به تراز بالاتر منتقل می‌شود. در این انتقال،

$$n = 2 \quad \left(\frac{1}{4}, \frac{9}{4} \right) \quad \left(\frac{1}{9}, \frac{9}{4} \right) \quad \left(\frac{1}{4}, \frac{9}{4} \right) \quad \left(\frac{1}{4}, \frac{9}{4} \right)$$

پاسخ: گزینه ۴

پاسخ تشریحی: چون الکترون در اولین حالت برانگیخته قرار دارد، پس در مدار $n=2$ است. برای این که این الکترون به تراز بالاتر برود، باید

به آن فوتونی بتابانیم. طبق رابطه $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ ، تغییر انرژی الکترون، با طول موج، نسبت وارون دارد؛ پس بلندترین طول موج، مربوط به کم‌ترین تغییر انرژی است.

به این ترتیب، الکترون باید به نزدیک‌ترین مدار بالاتر از خود، یعنی مدار سوم برود؛ به عبارت دیگر الکترون باید از مدار $n=2$ به مدار $n=3$ برود؛ بنابراین برای مقایسه شعاع مدار و انرژی الکترون در این انتقال می‌توانیم بنویسیم:

$$r_n = a_0 n^2 \Rightarrow \frac{r_r}{r_r} = \left(\frac{n_r}{n_r} \right)^2 \Rightarrow \frac{r_r}{r_r} = \left(\frac{3}{2} \right)^2 = \frac{9}{4} \quad E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow \frac{E_r}{E_r} = \left(\frac{n_r}{n_r} \right)^2 \Rightarrow \frac{E_r}{E_r} = \left(\frac{2}{3} \right)^2 = \frac{4}{9}$$

تست و پاسخ 6

طبق مدل اتم هسته‌ای، بسامد فوتون‌های گسیلی از اتم باید باشد و با نزدیک شدن الکترون به هسته بسامد فوتون‌های گسیلی یابد.
(۱) پیوسته - افزایش (۲) گسسته - افزایش (۳) پیوسته - کاهش (۴) گسسته - کاهش

پاسخ: گزینه ۱

پاسخ تشریحی طبق مدل اتم هسته‌ای (مدل رادفورد)، اگر الکترون‌ها به دور هسته در گردش باشند، این حرکت پایدار نمی‌ماند، زیرا حرکت مداری الکترون به دور هسته، شتابدار است. طبق فیزیک کلاسیک، این حرکت شتابدار الکترون، باعث تابش امواج الکترومغناطیسی می‌شود که بسامد آن، با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. با تابش موج الکترومغناطیسی توسط الکترون، از انرژی آن کاسته می‌شود. این کاهش انرژی باعث می‌شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته به تدریج کوچک‌تر و بسامد حرکت آن به تدریج بیشتر شود. این افزایش تدریجی بسامد حرکت مداری الکترون‌ها، باعث می‌شود تا بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده نیز به تدریج زیاد شود. به این ترتیب باید طیف امواج الکترومغناطیسی گسیل شده از اتم، پیوسته باشد و الکترون پس از گسیل پی‌درپی امواج الکترومغناطیسی روی هسته فروافتد؛ نتیجه‌ای که هم با واقعیت ناسازگار است و هم با طیف خطی گسیل شده توسط اتم‌ها جور در نمی‌آید.

تست و پاسخ 7

انرژی فوتون گسیلی مربوط به بلندترین طول موج رشته بالمر ($n' = 2$)، چند الکترون‌ولت است؟ ($E_R = 13/6 \text{ eV}$)

- (۱) $\frac{17}{9}$ (۲) $\frac{34}{15}$ (۳) $\frac{68}{45}$ (۴) $\frac{51}{5}$

پاسخ: گزینه ۱

پاسخ تشریحی طبق رابطه $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ ، تغییر انرژی الکترون بین دو تراز، با طول موج فوتون، نسبت وارون دارد؛ پس بلندترین طول موج مربوط به کم‌ترین تغییر انرژی است؛ یعنی هنگامی که الکترون از تراز $n = 3$ به تراز $n' = 2$ می‌رود، فوتونی تابش می‌کند که طول موج این فوتون بلندترین طول موج رشته بالمر است. انرژی فوتون تابش شده برابر با اختلاف انرژی دو مدار ابتدایی و نهایی است.

$$E_{\text{فوتون}} = E_3 - E_2 \xrightarrow{E_n = -\frac{E_R}{n^2}} E_{\text{فوتون}} = -\frac{E_R}{(3)^2} - \left(-\frac{E_R}{(2)^2}\right) = -\frac{E_R}{9} + \frac{E_R}{4} = \frac{5}{36} E_R$$

$$\xrightarrow{E_R = 13/6 \text{ eV}} E_{\text{فوتون}} = \frac{5}{36} \times 13/6 = \frac{17}{9} \text{ eV}$$

تست و پاسخ 8

گستره طول موج رشته لیمان ($n' = 1$) چند نانومتر است؟ ($R = 0.01 \text{ nm}^{-1}$)

- (۱) $\frac{100}{3}$ (۲) ۱۰۰ (۳) $\frac{400}{3}$ (۴) $\frac{700}{3}$

پاسخ: گزینه ۱

درس‌نامه وقتی الکترونی در اتم هیدروژن از مدار بالاتر به مدار پایین‌تر منتقل می‌شود، موج الکترومغناطیسی تابش می‌کند. طول موج این موج الکترومغناطیسی، از رابطه مقابل به دست می‌آید:

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

R = ثابت ریدبرگ برای اتم هیدروژن

نام طیف	مقدار n'	رابطه ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیه طیف
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۳, ۴, ۵, ...	فرابنفش و مرئی

نام طیف	مقدار n'	رابطه ریدبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیه طیف
لیمان	۱	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۲	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۳, ۴, ۵, ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۳	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۴, ۵, ۶, ...	فروسرخ
براکت	۴	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۵, ۶, ۷, ...	فروسرخ
پفوند	۵	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۶, ۷, ۸, ...	فروسرخ

نکته با جای گذاری کمترین مقدار n در هر رشته، بیشترین مقدار طول موج مربوط به آن رشته به دست می آید؛ مثلاً بیشترین طول موج تابشی رشته لیمان در حالتی است که الکترون از مدار $n = 2$ به مدار $n' = 1$ منتقل می شود.

نکته با جای گذاری بیشترین مقدار n در هر رشته ($n \rightarrow \infty$)، کمترین مقدار طول موج مربوط به آن رشته به دست می آید؛ مثلاً کمترین طول موج تابشی رشته لیمان در حالتی است که الکترون از $n = \infty$ به $n' = 1$ منتقل می شود.

پاسخ تشریحی گام اول: هنگامی که الکترون از مدار $n = \infty$ به مدار $n' = 1$ منتقل می شود، فوتونی گسیل می شود که طول موج آن، کوتاه ترین طول موج رشته لیمان است. با استفاده از رابطه ریدبرگ داریم:

$$\frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1^2} \right) \Rightarrow \lambda_1 = 100 \text{ nm}$$

گام دوم: هنگامی که الکترون از مدار $n = 2$ به مدار $n' = 1$ منتقل می شود، فوتونی گسیل می شود که طول موج آن بلندترین طول موج رشته لیمان است. مجدداً با استفاده از رابطه ریدبرگ می توانیم بنویسیم:

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_2} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) \Rightarrow \lambda_2 = \frac{400}{3} \text{ nm}$$

گام سوم: بنابراین گستره طول موج رشته لیمان برابر است با:

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{400}{3} \text{ nm} - 100 = \frac{100}{3} \text{ nm}$$

تست و پاسخ 9

چند مورد از موارد زیر از کاربردهای لیزر است؟

الف) اصلاح دید چشم

ب) جوش دادن فلزات

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)

ب) شکستن سنگ های کلیه به کمک دستگاه لیتوتریپسی

ت) اندازه گیری تندی شارش خون

پاسخ: گزینه ۲

پاسخ تشریحی لیزر امروزه در چاپگرها، در نگاشتن اطلاعات روی CD و DVD ها و خواندن آن ها، شبکه های کابل نوری، اندازه گیری دقیق

طول، دستگاه های جوشکاری و برش فلزات، پژوهش های علمی و ... کاربرد دارد؛ هم چنین در حرفه پزشکی برای جراحی، برداشتن لکه های

پوستی، اصلاح دید چشم و دندانپزشکی و ... از لیزر استفاده می شود. بنابراین موارد «الف» (اصلاح دید چشم) و «ب» (جوش دادن فلزات) از

کاربردهای لیزر می باشند. توجه کنید که دستگاه لیتوتریپسی، با استفاده از امواج صوتی، سنگ های کلیه را به قطعات کوچک تقسیم می کند.

هم چنین، اندازه گیری تندی شارش خون با کمک مکان یابی پژواکی به همراه اثر دوپلر است.

تست و پاسخ 10

کدام یک از عبارت‌های زیر درست است؟

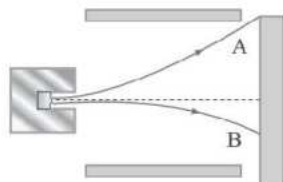
- (۱) اغلب هسته‌ها، پس از واپاشی آلفا یا بتا در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند.
- (۲) واپاشی β^+ زمانی رخ می‌دهد که نوترون در یک هسته مادر ناپایدار به پروتون و الکترون تبدیل شود.
- (۳) پرتوهای α نسبت به پرتوهای β نفوذ بیشتری دارند.
- (۴) در اثر واپاشی γ ، عدد اتمی (Z) یک واحد کاهش می‌یابد.

پاسخ: گزینه ۱

پاسخ تشریحی بررسی گزینه‌ها:

- (۱) اغلب هسته‌ها، پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل فوتون‌های پرنرژی (پرتو گاما) به حالت پایه می‌رسند. ✓
- (۲) در واپاشی β^+ ، یکی از پروتون‌های درون هسته به یک نوترون و یک پوزیترون تبدیل می‌شود، سپس این پوزیترون از هسته گسیل می‌شود. ✗
- (۳) پرتوهای آلفا (α) کم‌ترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز ($\approx 0.1 \text{ mm}$) متوقف می‌شوند، در حالی که پرتوهای بتا (β) مسافت خیلی بیشتری را ($\approx 1 \text{ mm}$) در سرب نفوذ می‌کنند. ✗
- (۴) در اثر واپاشی گاما، عدد اتمی (Z) و عدد جرمی (A) هیچ تغییری نمی‌کنند؛ زیرا پرتو گاما از جنس فوتون پرنرژی است. ✗

تست و پاسخ 11



شکل مقابل، مسیر پرتوهای α و β^- گسیل‌شده از یک ماده پرتوزای طبیعی را در یک میدان الکتریکی یکنواخت نشان می‌دهد. مسیر A، نشان‌دهنده مسیر کدام پرتو و میدان الکتریکی در کدام جهت است؟

- (۲) β^- - پایین
- (۴) β^- - بالا

(۱) α - بالا

(۳) α - پایین

پاسخ: گزینه ۲

پاسخ تشریحی می‌دانیم که پرتو β^- نسبت به پرتو α سبک‌تر است. چون ذره در مسیر A بیشتر منحرف شده است؛ یعنی پرتو سبک‌تری بوده و نشان‌دهنده پرتو β^- است. از طرفی چون بار الکتریکی این پرتو منفی است، نیروی الکتریکی‌ای که میدان الکتریکی بر آن وارد می‌کند، در خلاف جهت میدان الکتریکی است؛ با توجه به شکل چون پرتو β^- به سمت بالا منحرف شده است، یعنی جهت نیروی الکتریکی وارد بر این پرتو به سمت بالا است، پس جهت میدان الکتریکی به سمت پایین خواهد بود.



تست و پاسخ 12

با گسیل کدام ذرات، بار الکتریکی هسته مادر ثابت می‌ماند، اما عدد جرمی آن، ۴ واحد کاهش می‌یابد؟

- (۱) یک ذره آلفا - دو ذره β^-
- (۲) دو ذره آلفا - چهار ذره β^-
- (۳) یک ذره آلفا - دو ذره β^+
- (۴) دو ذره آلفا - چهار ذره β^+

پاسخ: گزینه ۱

پاسخ تشریحی گسیل α ، عدد اتمی را کاهش می‌دهد؛ پس برای آن که بار الکتریکی هسته، ثابت بماند، باید نوعی از ذره بتا تابش شود که عدد اتمی را افزایش دهد؛ یعنی ذره β^- گسیل شود؛ بنابراین برای این که بار الکتریکی هسته ثابت بماند (عدد اتمی تغییری نکند)، فرض می‌کنیم هسته، M ذره α و N ذره β^- تابش می‌کند؛ در این حالت معادله واپاشی به صورت زیر است:



با توجه به این که تعداد نوکلئون‌ها قبل از فرایند با تعداد نوکلئون‌ها پس از فرایند یکسان است، داریم:

$$A = A - 4 + 4M + N(0) \Rightarrow M = 1$$

$$Z = Z + 2M + N(-1) \Rightarrow N = 2M \xrightarrow{M=1} N = 2$$

تست و پاسخ 13

هسته $^{24}_{11}\text{Na}$ با تابش یک ذره X به هسته‌ای تبدیل می‌شود که عدد اتمی آن $\frac{5}{3}$ برابر عدد نوترونی آن است. X کدام است؟

- (۱) β^- (۲) β^+ (۳) α (۴) γ

پاسخ: گزینه ۲

پاسخ تشریحی: واپاشی‌های هر یک از گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم و در هر یک از آن‌ها نسبت عدد اتمی به عدد نوترونی هسته دختر را به دست می‌آوریم:

$$1) \ ^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow \ ^{24}_{12}\text{Y} + \ ^0_{-1}\text{e}^- \Rightarrow \frac{Z'}{N'} = \frac{Z'}{A' - Z'} = \frac{12}{24 - 12} = 1 \quad \times$$

$$2) \ ^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow \ ^{24}_{10}\text{Y} + \ ^0_{+1}\text{e}^+ \Rightarrow \frac{Z'}{N'} = \frac{Z'}{A' - Z'} = \frac{10}{24 - 10} = \frac{10}{14} = \frac{5}{7} \quad \checkmark$$

$$3) \ ^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow \ ^4_2\text{He} + \ ^{20}_9\text{Y} \Rightarrow \frac{Z'}{N'} = \frac{Z'}{A' - Z'} = \frac{9}{20 - 9} = \frac{9}{11} \quad \times$$

$$4) \ ^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow \ ^{24}_{11}\text{Y} + \ ^0_0\gamma \Rightarrow \frac{Z'}{N'} = \frac{Z'}{A' - Z'} = \frac{11}{24 - 11} = \frac{11}{13} \quad \times$$

پس ذره X، پوزیترون (β^+) است.

تست و پاسخ 14

نیمه عمر عنصر پرتوزایی ۶ ساعت است. اگر پس از گذشت ۱۸ ساعت، ۱۴۰ g از این عنصر واپاشی شده باشد، چند ساعت دیگر بگذرد تا ۱۵ g دیگر از این عنصر دچار واپاشی می‌شود؟

دام سؤال
این جاست.

- (۱) ۶ (۲) ۱۲ (۳) ۱۸ (۴) ۳۶

پاسخ: گزینه ۲

درس نامه ..

نیمه عمر: نیمه عمر مدت زمانی است که تعداد هسته‌های مادر اولیه یک نمونه پرتوزا به نصف برسد. تعداد هسته‌های پرتوزای باقی مانده از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$N = \frac{N_0}{2^n}, \quad n = \frac{t}{T_{1/2}}$$

تعداد هسته‌های اولیه N_0
تعداد نیمه عمر n
مدت زمان پرتوزایی t
نیمه عمر $T_{1/2}$
تعداد نیمه عمر n تعداد هسته‌های باقی مانده

پاسخ تشریحی: با توجه به این که نیمه عمر عنصر پرتوزا ۶ ساعت است، بنابراین پس از گذشت ۱۸ ساعت، به اندازه ۳ نیمه عمر، سپری می‌شود، زیرا:

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{18\text{h}}{6\text{h}} \Rightarrow n = 3$$

اگر جرم اولیه این عنصر را m_0 فرض کنیم، پس از ۱۸ ساعت، به اندازه $m_0 - 140$ گرم از این عنصر باقی می‌ماند.

$$m = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow \frac{m_0 - 140}{2^3} = \frac{m_0}{2^3} \Rightarrow \frac{m_0 - 140}{8} = \frac{m_0}{8} \Rightarrow m_0 = 140\text{g}$$

بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$15\text{ گرم دیگر از این عنصر واپاشی شود، آن‌گاه در کل } (140 + 15) \text{ یعنی } 155 \text{ گرم از این عنصر واپاشیده می‌شود؛ بنابراین } 5 \text{ یعنی } (160 - 155) \text{ گرم از این عنصر باقی می‌ماند. پس داریم:}$$

$$m' = \frac{m_0}{2^{n'}} \Rightarrow \frac{160}{2^{n'}} = \frac{155}{2^5} \Rightarrow 2^{n'} = 32 = 2^5 \Rightarrow n' = 5$$

$$n' = \frac{t'}{T_{1/2}} \Rightarrow 5 = \frac{t'}{6} \Rightarrow t' = 30\text{h}$$

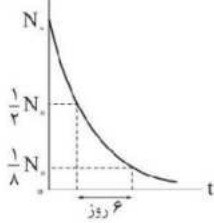
مدت زمانی که طول می‌کشد تا ۱۵۵ گرم از این عنصر واپاشی شود؛ برابر است با:

بنابراین اگر ۱۲ ساعت دیگر بگذرد، ۱۵ گرم دیگر از این عنصر دچار واپاشی می‌شود.

$$160\text{g} \xrightarrow{6\text{h}} 80\text{g} \xrightarrow{6\text{h}} 40\text{g} \xrightarrow{6\text{h}} 20\text{g} \xrightarrow{6\text{h}} 10\text{g} \xrightarrow{6\text{h}} 5\text{g}$$

نمودار تغییرات تعداد هسته‌های مادر موجود در یک نمونه پرتوزا بر حسب زمان مطابق شکل است. اگر پس از ۶ روز، تعداد هسته‌های باقی‌مانده از نمونه اولیه، برابر $1/2 \times 10^{20}$ باشد، تعداد هسته‌های اولیه کدام است؟

تعداد هسته‌های پرتوزا



(۱) $9/6 \times 10^{20}$

(۲) $3/6 \times 10^{20}$

(۳) $4/8 \times 10^{20}$

(۴) 6×10^{20}

پاسخ: گزینه ۳

پاسخ تشریحی روش اول:

$$N = \frac{N_0}{2^n} \Rightarrow \begin{cases} \frac{1}{2} N_0 = \frac{N_0}{2^{n_1}} \Rightarrow 2^{n_1} = 2 \Rightarrow n_1 = 1 \\ \frac{1}{8} N_0 = \frac{N_0}{2^{n_2}} \Rightarrow 2^{n_2} = 8 \Rightarrow n_2 = 3 \end{cases} \Rightarrow n_2 - n_1 = 2$$

با توجه به نمودار می‌توانیم بنویسیم:

بنابراین در مدت ۶ روز به اندازه ۲ نیمه‌عمر سپری شده است؛ پس نیمه عمر این نمونه پرتوزا برابر است با:

$$t = (n_2 - n_1) T_{1/2} \xrightarrow[n_1=1, n_2=3]{t=6 \text{ روز}} 6 = (3-1) T_{1/2} \Rightarrow T_{1/2} = 3 \text{ روز}$$

$$n' = \frac{t'}{T_{1/2}} \xrightarrow[T_{1/2}=3 \text{ روز}]{t'=6 \text{ روز}} n' = \frac{6}{3} = 2$$

حالا باید ببینیم تا روز ششم چند نیمه‌عمر سپری می‌شود. به سادگی می‌توانیم بنویسیم:

حالا می‌توانیم تعداد هسته‌های اولیه را با توجه به تعداد هسته‌های باقی‌مانده از نمونه در روز ششم به دست آوریم:

$$N' = \frac{N_0}{2^{n'}} \xrightarrow[n'=2]{N'=1/2 \times 10^{20}} 1/2 \times 10^{20} = \frac{N_0}{2^2} \Rightarrow N_0 = 4/8 \times 10^{20}$$

روش دوم:

$$\overbrace{N_0 \rightarrow \frac{1}{2} N_0 \rightarrow \frac{1}{4} N_0}^{6 \text{ روز}} \rightarrow \frac{1}{8} N_0$$

$$\frac{1}{4} N_0 = 1/2 \times 10^{20} \Rightarrow N_0 = 4/8 \times 10^{20}$$

تست و پاسخ 16

یک لامپ با توان تابشی مفید 40 W ، فوتون‌هایی با طول موج 620 nm گسیل می‌کند. تعداد فوتون‌های گسیلی از این لامپ در هر دقیقه کدام است؟ ($hc = 1240\text{ eV}\cdot\text{nm}$ ، $e = 1/6 \times 10^{-19}\text{ C}$)

توان مفید خروجی

$$1/5 \times 10^{21} \text{ (4)}$$

$$1/5 \times 10^{22} \text{ (3)}$$

$$7/5 \times 10^{21} \text{ (2)}$$

$$7/5 \times 10^{22} \text{ (1)}$$

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره این سؤال مشابه تمرین کتاب درسی بوده و سرعت محاسبات در آن بسیار مهم است.

خودت حل کنی بهتره ابتدا به کمک رابطه $E = Pt$ انرژی گسیلی را به دست آورده و سپس به کمک رابطه $E = \frac{nhc}{\lambda}$ تعداد فوتون گسیلی را محاسبه کنید.

درس نامه...

(۱) انرژی امواج الکترومغناطیسی کمیتی کوانتیده است؛ بنابراین مضرب درستی از انرژی یک فوتون (hf) است.

$$E = n hf \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} E = \frac{nhc}{\lambda}$$

ثابت پلانک

$$1\text{ eV} = 1/6 \times 10^{-19}\text{ J}$$

الکترون - ولت

(۲) تبدیل یکای الکترون - ولت، به ژول:

پاسخ تشریحی با توجه به رابطه $E = \frac{nhc}{\lambda}$ ، می‌توان نوشت:

$$E = \frac{nhc}{\lambda} \xrightarrow{E=Pt} Pt = \frac{nhc}{\lambda} \xrightarrow{\substack{hc=1240\text{ eV}\cdot\text{nm}=1240 \times 1/6 \times 10^{-19}\text{ J}\cdot\text{nm} \\ \lambda=620\text{ nm}, P=40\text{ W}, t=60\text{ s}}} 40 \times 60 = n \times \frac{1240 \times 1/6 \times 10^{-19}}{620}$$

$$\Rightarrow n = \frac{2400}{3/2 \times 10^{-19}} = 7/5 \times 10^{21}$$

بنابراین در مدت یک دقیقه، $7/5 \times 10^{21}$ فوتون از لامپ گسیل می‌شود.

تست و پاسخ 17

در اتم هیدروژن، انرژی الکترون در k امین حالت برانگیخته‌اتم، $-1/36 \times 10^{-19}\text{ J}$ است. k برابر کدام است؟ ($E_R = 13/6\text{ eV}$ ، $e = 1/6 \times 10^{-19}\text{ C}$)

مدارهای بالاتر از $n = 1$

$$3 \text{ (2)}$$

$$5 \text{ (4)}$$

$$2 \text{ (1)}$$

$$4 \text{ (3)}$$

پاسخ: گزینه ۲

مشاوره بررسی انرژی الکترون در مدارهای اتم هیدروژن همواره مورد توجه طراحان سؤال‌های کنکور بوده و هست.

درس نامه

۱) در اتم هیدروژن، پایین ترین تراز انرژی مربوط به حالت پایه ($n=1$) و انرژی آن 13.6 eV - است. ترازهای انرژی بالاتر از آن را حالت های برانگیخته می گوئیم؛ مثلاً در اولین حالت برانگیخته، $n=2$ و در دومین حالت برانگیخته $n=3$ و ... هستند؛ بنابراین برای k امین حالت برانگیخته، $n = k + 1$ است.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$$

۲) رابطه انرژی الکترون در اتم هیدروژن:

E_n : انرژی الکترون در مدار n ام اتم هیدروژن E_R : انرژی یک ریذبرگ 13.6 eV n : شماره مدار

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

۳) الکترون ولت (eV)، یکای انرژی در فیزیک اتمی و فیزیک هسته ای است.

$$E_R = 13.6 \text{ eV} \times \frac{1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 13.6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

پاسخ تشریحی گام اول: E_R را بر حسب ژول می نویسیم.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow n^2 = -\frac{E_R}{E_n} = -\frac{13.6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{-1.36 \times 10^{-19}} = 16$$

گام دوم: شماره مدار الکترون و سپس k را به دست می آوریم:

$$\Rightarrow n = 4$$

$$k = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

حواستون باشه اگر به نکته ۱ درس نامه توجه نکنید، ممکن است در دام بیفتید.

تست و پاسخ 18

در طیف اتمی هیدروژن، اختلاف بسامدهای اولین و دومین خط رشته پاشن ($n' = 3$) با بسامد کدام خط برابر است؟ ($R = \frac{1}{10^8} (\text{nm})^{-1}$)

$$n = 5 \text{ و } n = 4$$

۲) خط دوم رشته براکت ($n' = 4$)

۴) خط دوم رشته پفوند ($n' = 5$)

۱) خط اول رشته براکت ($n' = 4$)

۳) خط اول رشته پفوند ($n' = 5$)

پاسخ: گزینه ۱

درس نامه

۱) طول موج تمامی خط های طیف اتم هیدروژن، از معادله ریذبرگ به دست می آید؛ به طوری که اگر الکترون اتم هیدروژن از تراز n به تراز n' برود، طول موج λ را تابش می کند و اگر از n' به n برود، طول موج λ را جذب می کند.

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

R : ثابت ریذبرگ

n' : شماره مدار کوچک تر

n : شماره مدار بزرگ تر

λ : طول موج

$$f = c \times \frac{1}{\lambda} \Rightarrow f = cR \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

۲) براساس رابطه $f = \frac{c}{\lambda}$ و معادله ریذبرگ، می توان نوشت:

f : بسامد c : تندی نور در هوا و یا خلأ

۳) به ازای یک عدد صحیح که به n' نسبت می دهیم، n می تواند عددهای صحیح بعد از آن باشد و مجموعه ای از طول موج ها ایجاد شوند که یک رشته نامیده می شوند. مقدارهای n ، شماره های خط ها را نشان می دهد؛ مثلاً در رشته براکت ($n' = 4$)، برای اولین خط، $n = 5$ و برای دومین خط، $n = 6$ هستند.

پاسخ تشریحی اختلاف بسامدهای اولین و دومین خط طیف اتم هیدروژن در رشته پاشن را می نویسیم:

$$n' = 3 \text{ پاشن} \begin{cases} n = 4 & \text{اولین خط} \\ n = 5 & \text{دومین خط} \end{cases}$$

$$f_5 - f_4 = cR \left[\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right) - \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) \right] = cR \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

بنابراین $n = 5$ و $n' = 4$ بوده و این مشخصات مربوط به اولین خط رشته براکت است.

تست و پاسخ 19

نسبت تعداد نوترون به تعداد پروتون، برای ایزوتوپ‌های پایدار سبک و ایزوتوپ‌های پایدار سنگین به ترتیب از راست به چپ چگونه است؟

$$\frac{N}{Z}$$

(۲) کوچک‌تر از یک، بزرگ‌تر از یک

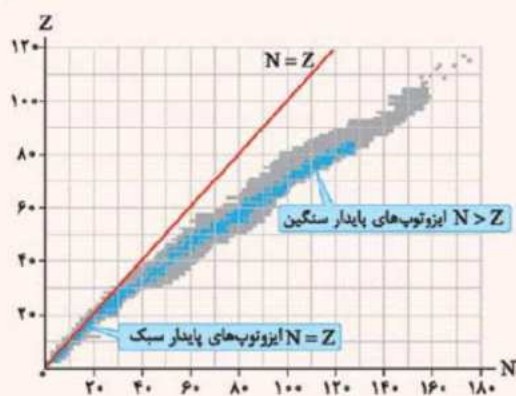
(۴) تقریباً برابر با یک، بزرگ‌تر از یک

(۱) کوچک‌تر از یک، تقریباً برابر با یک

(۳) تقریباً برابر با یک، کوچک‌تر از یک

پاسخ: گزینه ۴

مشاوره این نوع تست‌ها ظاهراً از زمینه مشترک بین دو درس فیزیک و شیمی مطرح می‌شوند؛ اما فیزیک در مورد هسته اتم حرف‌های بیشتری برای گفتن دارد.



درس‌نامه

نمودار تغییرات Z (تعداد پروتون‌ها) بر حسب N (تعداد نوترون‌ها) برای هسته‌های پایدار، نشان می‌دهد که نسبت $\frac{N}{Z}$ برای هسته‌های سبک تقریباً برابر با یک و برای هسته‌های سنگین، تقریباً برابر با $1/5$ است؛ یعنی با افزایش تعداد پروتون‌ها، برای آن که هسته پایدار بماند، باید تعداد نوترون‌ها افزایش بیشتری داشته باشند.

پاسخ تشریحی با توجه به درس‌نامه، **۴** صحیح است.

تست و پاسخ 20

نپتونیم $^{237}_{93}\text{Np}$ ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و پس از چند واپاشی متوالی به ترتیب با گسیل ذرات α و β^- و α به هسته جدید تبدیل می‌شود. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد نوترونی هسته جدید به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

N

Z

۱۳۷، ۸۶ (۴)

۱۳۷، ۸۸ (۳)

۲۲۵، ۸۶ (۲)

۲۲۵، ۸۸ (۱)

پاسخ: گزینه ۳

مشاوره واپاشی‌های مختلف هسته‌ها را به خوبی یاد بگیرید. زمینه طرح سؤال از این مطلب در کنکور، بسیار زیاد است.

درس‌نامه

(۱) نمایش هسته: هسته هر اتم با نماد شیمیایی X ، به صورت $^A_Z X_N$ نشان داده می‌شود. معمولاً برای اختصار N را نمی‌نویسند.

$$A = Z + N$$

N = عدد نوترونی

Z = عدد اتمی

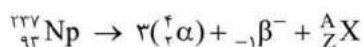
A = عدد جرمی

(۲) ذره α (آلفا) از جنس هسته اتم هلیم است که از دو پروتون و دو نوترون تشکیل شده است (^4_2He).

اما ذره β^- از جنس الکترون است و هنگامی به وجود می‌آید که یک نوترون درون هسته، به یک پروتون و یک الکترون تبدیل شود.

(۳) در تمام واپاشی‌های هسته‌ای، باید مجموع عددهای جرمی در هر طرف واکنش با طرف دیگر برابر باشد؛ هم‌چنین عددهای اتمی در هر طرف واکنش با طرف دیگر برابر باشد.

پاسخ تشریحی با گسیل ۳ ذره α و یک ذره β^- هسته ${}^{237}_{93}\text{Np}$ به هسته ${}^A_Z\text{X}$ تبدیل می‌شود.



$$237 = (3 \times 4) + 0 + A \Rightarrow A = 225 \quad \text{عدد جرمی}$$

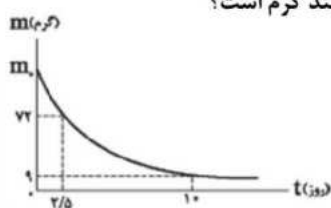
$$93 = (3 \times 2) + (-1) + Z \Rightarrow Z = 88 \quad \text{عدد اتمی}$$

$$A = Z + N \Rightarrow 225 = 88 + N \Rightarrow N = 137 \quad \text{عدد نوترونی}$$

حواستون باشه در این سؤال عدد اتمی و عدد نوترونی خواسته شده، پس همین که به عدد جرمی رسیدید به اشتباه ۱ را انتخاب نکنید.

تست و پاسخ 21

نمودار جرم نمونه‌ای از یک ماده پرتوزا بر حسب زمان، به شکل زیر است. جرم اولیه این نمونه (m_0) چند گرم است؟



(۱) ۲۸۸

(۲) ۱۴۴

(۳) ۲۱۶

(۴) ۱۰۸

پاسخ: گزینه ۲

خودت حل کنی بهتره ابتدا با توجه به بازه زمانی ۲/۵ روز تا ۱۰ روز، نیمه عمر را به دست آورید، سپس در بازه زمانی صفر تا ۲/۵ روز، m_0 را محاسبه کنید.

درس نامه

هسته‌های پرتوزا، با گذشت زمان واپاشیده می‌شوند و تعداد هسته‌های اولیه آن‌ها و در نتیجه، جرم آن‌ها کاهش می‌یابد. نیمه عمر، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا تعداد هسته‌ها و در نتیجه جرم اولیه موجود در یک نمونه به نصف برسد و آن را با نماد $T_{\frac{1}{2}}$ نشان می‌دهیم.

$$m = \frac{m_0}{2^n}$$

$$n = \frac{\Delta t}{T_{\frac{1}{2}}}$$

m_0 = جرم ماده پرتوزای اولیه

m = جرم ماده پرتوزای باقی مانده

n = تعداد مراحل واپاشی

Δt = بازه زمانی واپاشی

توجه لازم نیست Δt و $T_{\frac{1}{2}}$ حتماً بر حسب ثانیه باشند. فقط کافی است یکای آن‌ها یکسان باشد.

پاسخ تشریحی **گام اول:** در بازه زمانی روز (۲/۵) تا روز (۱۰)، جرم ماده پرتوزا از $m_1 = 72\text{g}$ به $m_2 = 9\text{g}$ می‌رسد.

$$m_2 = \frac{m_1}{2^n} \Rightarrow 9 = \frac{72}{2^n} \Rightarrow 2^n = 8 = 2^3 \Rightarrow n = 3$$

$$n = \frac{\Delta t}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow 3 = \frac{10 - 2/5}{T_{\frac{1}{2}}} \Rightarrow T_{\frac{1}{2}} = \frac{48/5}{3} = 2/5 \text{ روز}$$

یعنی در بازه زمانی t_1 تا t_2 ، جرم ماده پرتوزا، ۳ بار نصف می‌شود.

$$\Delta t = 2/5 - 0 = 2/5 \text{ روز}$$

گام دوم: در بازه زمانی ($t_0 = 0$) تا ($t_1 = 2/5$ روز)، داریم:

$$n = \frac{\Delta t}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{2/5}{2/5} = 1$$

$$m_1 = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow 72 = \frac{m_0}{2^1} \Rightarrow m_0 = 144\text{g}$$

آزمون‌های سراسر
گاج

۱ ۲ با توجه به معادله ریذبرگ می‌توان نوشت:

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

به کمک رابطه شعاع مدار n ام بر حسب شعاع بور داریم:

$$r_n = a_0 n^2 \Rightarrow r_{n'} - r_n = a_0 (n'^2 - n^2) \quad (2)$$

با استفاده از روابط (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \frac{(r_{n'} - r_n)}{a_0} \left(\frac{1}{n^2 n'^2} \right) \xrightarrow{r_{n'} - r_n = t} \frac{1}{\lambda} = \frac{Rt}{a_0} \left(\frac{1}{n^2 n'^2} \right) \\ \Rightarrow \frac{\lambda}{a_0} = \frac{n^2 n'^2}{Rt}$$

۲ ۳ می‌دانیم تراز برانگیخته دوم، یعنی $n=3$ می‌باشد و تراز

برانگیخته اول، یعنی $n=2$ است، بنابراین الکترون از تراز بالا به تراز پایین‌تر رفته و فوتون گسیل می‌کند (رد گزیندهای (۱) و (۲)).

انرژی فوتون گسیل شده برابر با اختلاف انرژی بین دو تراز اولیه و نهایی است، بنابراین:

$$\begin{cases} \Delta E = E_{n'} - E_n \\ E_n = \frac{-E_R}{n^2} \end{cases} \Rightarrow \Delta E = E_{n'} - E_n = \frac{-E_R}{3^2} + \frac{E_R}{2^2} \\ \Rightarrow \Delta E = E_R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) \\ \Rightarrow \Delta E = E_R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = 13/6 \times \frac{5}{36} = \frac{65}{72} \text{ eV} \Rightarrow \Delta E \approx 1/9 \text{ eV}$$

۳ ۱ در پدیده فوتوالکتریک، زمانی که فوتوالکتردها گسیل

می‌شوند، افزایش شدت نور فرودی سبب افزایش تعداد فوتوالکتردهای گسیل شده می‌شود و کاهش طول موج (افزایش بسامد) نور فرودی سبب افزایش انرژی جنبشی فوتوالکتردهای گسیلی می‌شود.

۴ ۴ هنگام گذار الکترون از تراز بالاتر به تراز پایین‌تر، انرژی آن

کاهش می‌یابد و بالعکس، بنابراین داریم:

$$\begin{cases} E_{n'} - E_n = -\frac{3}{16} E_R \\ E_{n'} - E_{n'} = \frac{21}{100} E_R \end{cases} \Rightarrow E_{n'} - E_n = -\frac{3}{16} E_R + \frac{21}{100} E_R \\ \Rightarrow E_{n'} - E_n = \frac{9}{400} E_R$$

با توجه به اینکه $(E_{n'} - E_n) > 0$ است، بنابراین الکترون طی گذار از n به n' بایستی فوتون جذب کند، بنابراین طول موج فوتون جذبی برابر است با:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} \xrightarrow{\Delta E = \frac{9}{400} E_R, hc = 1200 \text{ eV} \cdot \text{nm}} \frac{9}{400} \times 13/6 = \frac{1200}{\lambda} \\ \Rightarrow \lambda = 3900 \text{ nm} = 3/9 \mu\text{m}$$

۴ ۵ تنها عبارت (د)، یعنی اثبات وجود هسته چگال با بار مثبت در

مرکز اتم جزء ویژگی‌های مدل اتمی رادرفورد می‌باشد.

۶ ۲ انرژی فوتون پرتوی B، بیشتر از انرژی فوتون پرتوی A است،

بنابراین طول موج پرتوی B کم‌تر از طول موج پرتوی A است، پس داریم:

$$\lambda_A - \lambda_B = 300 \text{ nm} = 3 \times 10^{-7} \text{ m} \Rightarrow \lambda_A = \lambda_B + 3 \times 10^{-7} \text{ m}$$

با استفاده از رابطه پلانک می‌توان نوشت:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{\lambda_A}{\lambda_B}$$

$$\frac{E_B = 6E_A}{\lambda_A = \lambda_B + 3 \times 10^{-7}} \Rightarrow 6 = \frac{\lambda_B + 3 \times 10^{-7}}{\lambda_B}$$

$$\Rightarrow 6\lambda_B = \lambda_B + 3 \times 10^{-7} \Rightarrow 5\lambda_B = 3 \times 10^{-7}$$

$$\Rightarrow \lambda_B = \frac{3}{5} \times 10^{-7} = 6 \times 10^{-8} \text{ m}$$

بنابراین:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f_B = \frac{c}{\lambda_B} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6 \times 10^{-8} \text{ m}} \Rightarrow f_B = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{-8}}$$

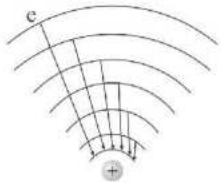
$$\Rightarrow f_B = 5 \times 10^{15} \text{ Hz} = 5000 \text{ THz}$$

۷ ۲ همان‌طور که می‌دانید تمام خطوط رشته لیمان منجر به

گسیل پرتوهای فرابنفش می‌شوند. همان‌طور که در شکل زیر می‌بینید، اگر

الکترونی در تراز $n=7$ قرار داشته باشد، با گسیل ۶ نوع فوتون متفاوت

می‌تواند به تراز $n'=1$ بیاید.



از طرف دیگر چهار خط اول رشته بالمر، ایجاد پرتوهای مرئی کرده و خطوط

پنجم به بعد رشته بالمر، ایجاد پرتو فرابنفش می‌کنند. خط پنجم رشته بالمر

مربوط به گذار الکترون از لایه $n=7$ به لایه $n'=2$ است. بنابراین در این

حالت نیز یک نوع فوتون فرابنفش می‌تواند گسیل شود و در مجموع ۷ نوع

فوتون فرابنفش امکان گسیل دارد.

8 ۳ ابتدا انرژی خروجی لامپ را حساب می‌کنیم:

$$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{ورودی}} \times \text{بازده} = 200 \times 0.2 = 40 \text{ W}$$

بنابراین انرژی خروجی لامپ برابر است با:

$$E_{\text{خروجی}} = P_{\text{خروجی}} \times t = 40 \times 1 = 40 \text{ J}$$

اکنون انرژی خروجی در طول موج موردنظر را حساب می‌کنیم:

$$E = 40 \times \frac{1}{100} = 0.4 \text{ J}$$

انرژی رسیده به مردمک برابر است با:

$$E_{\text{مردمک}} = \frac{0.4}{4\pi \times (10^{-2})^2} \times \pi \times (10^{-3})^2 = 10^{-11} \text{ J}$$

در این صورت تعداد فوتون رسیده به مردمک چشم شخص برابر است با:

$$E = nhf = n \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow 10^{-11} = n \times \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{540 \times 10^{-9}}$$

$$\Rightarrow n = 3 \times 10^7$$

9 ۴ با افزایش بسامد پرتوهای فرودی، انرژی فوتون‌های فرودی و

در نتیجه انرژی فوتوالکتردهای جداشده از کلاهدک افزایش می‌یابد. اما تعداد الکتردهای جداشده ثابت خواهد ماند و در نتیجه تغییر بار الکتریکی کلاهدک و ورقه‌ها نیز ثابت می‌ماند. اما با افزایش شدت پرتوهای فرودی (در یک بسامد ثابت)، تعداد فوتون‌های فرودی و در نتیجه تعداد فوتوالکتردهای جداشده از کلاهدک زیاد می‌شود، در نتیجه تغییرات بار الکتریکی ورقه‌ها بیشتر شده و فاصله بین ورقه‌ها بیشتر افزایش خواهد یافت.

10 ۴ به طور کلی، با افزایش شماره لایه‌ها تفاوت انرژی لایه‌های

متوالی، کاهش می‌یابد، بنابراین اختلاف انرژی لایه‌های ۲ و ۳ $(E_3 - E_2)$ کمتر از اختلاف انرژی لایه‌های ۱ و ۲ $(E_2 - E_1)$ است و در نتیجه انرژی فوتون B کمتر از انرژی فوتون A است و عبارت مطرح‌شده در گزینه (۴) نادرست است.

دقت کنید: به طور کلی، طول موج فوتون‌های رشته لیمان، کمتر از طول موج فوتون‌های رشته بالمر است، بنابراین طول موج فوتون‌های A و C کمتر از طول موج فوتون B می‌باشد.

11 ۱ گام اول: مقایسه انرژی فوتون‌های نور زرد و بنفش:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{E_{\text{زرد}}}{E_{\text{بنفش}}} = \frac{\lambda_{\text{بنفش}}}{\lambda_{\text{زرد}}} = \frac{400}{600} = \frac{2}{3}$$

$$E_t = Pt \Rightarrow n \frac{hc}{\lambda} = Pt \Rightarrow n = \frac{\lambda Pt}{hc} \quad \text{گام دوم: مقایسه تعداد فوتون‌ها:}$$

$$\frac{n_{\text{بنفش}}}{n_{\text{زرد}}} = \frac{\lambda_{\text{بنفش}}}{\lambda_{\text{زرد}}} \times \frac{P_{\text{بنفش}}}{P_{\text{زرد}}} = \frac{2}{3} \times \frac{200}{100} = \frac{4}{3} \quad \text{بنابراین:}$$

12 ۴ گام اول: با توجه به نمودار داده‌شده در سوال، طول موج در

خلأ برابر است با:

$$\frac{3}{2} \lambda = 990 \Rightarrow \lambda = 660 \text{ nm}$$

گام دوم: انرژی هر فوتون در خلأ برابر است با:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} = 6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{660 \times 10^{-9}} = 3 \times 10^{-19} \text{ J}$$

گام سوم: انرژی هر فوتون وابسته به بسامد بوده و به محیط انتشار آن بستگی ندارد، بنابراین مقدار انرژی فوتون در آب نیز برابر $3 \times 10^{-19} \text{ J}$ است.

13 ۳ بسامد آستانه فلز در محدوده فرابنفش قرار دارد و چون بسامد

پرتوهای تابانده‌شده به سطح فلز بیشتر از بسامد آستانه فلز است، پدیده فوتوالکتریک رخ خواهد داد.

همان‌طور که می‌دانید اگر با ثابت ماندن بسامد پرتوهای نور فرودی، شدت تابش را افزایش دهیم، تعداد فوتون‌های تابیده‌شده به سطح فلز افزایش می‌یابد و از آن جایی‌که هر فوتون می‌تواند باعث جدا شدن یک الکترده از سطح فلز شود، تعداد فوتوالکتردهای ایجادشده بیشتر می‌شود، اما با توجه به ثابت ماندن بسامد و در نتیجه ثابت ماندن انرژی فوتون‌های فرودی، انرژی جنبشی فوتوالکتردهای جداشده از فلز ثابت خواهد ماند.

14 ۱ معادله ریدبرگ به صورت زیر است:

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

گام اول: می‌دانیم کوتاه‌ترین طول موج مرئی در طیف اتم هیدروژن، مربوط به رشته بالمر است و داریم:

$$n = 6 \rightarrow n' = 2 \Rightarrow \begin{cases} a = 6 \\ b = 2 \end{cases}$$

گام دوم: بلندترین طول موج فرابنفش نیز در رشته بالمر بوده و داریم:

$$n = 7 \rightarrow n' = 2 \Rightarrow \begin{cases} c = 7 \\ d = 2 \end{cases}$$

$$a + b - c + d = 6 + 2 - 7 + 2 = 3 \quad \text{بنابراین:}$$

دقت کنید: در رشته لیمان هم تابش فرابنفش داریم، ولی چون طول موج‌هایی کوتاه‌تر از رشته بالمر ایجاد می‌کنند، در این‌جا از تابش‌های فرابنفش رشته بالمر استفاده کرده‌ایم.

15 ۳ گام اول: حالت پایه الکترده، یعنی تراز $n = 1$ ، پس اولین

حالت برانگیخته الکترده متعلق به تراز $n = 2$ می‌باشد.

گام دوم: با توجه به این که نیروهای F_p و $F_p \gg F_p$ از نوع جاذبه بوده و F_p می باشد بنابراین نیروی F_p ، نیروی هسته ای قوی و نیروی F_p ، نیروی گرانشی می باشد.

$$\left. \begin{array}{l} \text{نیروی دافعه الکتروستاتیکی} \\ \text{نیروی هسته ای قوی} \\ \text{نیروی گرانشی} \end{array} \right\} \text{جمع بندی گام اول و دوم: } F_p$$

گام سوم: اگر تعداد پروتون های هسته ثابت بوده و تعداد نوترون های آن افزایش یابد، نیروهای F_p و F_p افزایش یافته و نیروی F_p افزایش نمی یابد، بنابراین گزینه (۲) نادرست است و با توجه به تشخیص نیروهای F_p و F_p سایر گزینه ها صحیح هستند.

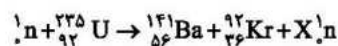


21 گام اول: می دانیم بار الکتریکی پروتوهای آلفا، مثبت است و طبق قاعدة دست راست منحرف می شوند و به سمت بالا می روند، بنابراین پروتو A، پروتو آلفا است (رد گزینه های (۱) و (۲))

گام دوم: بار الکتریکی پروتوهای بتا منفی است و طبق قاعدة دست راست منحرف می شوند، در نتیجه به سمت پایین می روند، بنابراین پروتوی C، پروتوی بتا است.

گام آخر: از سه پروتوی آلفا، بتا و گاما تنها پروتوی گاما بدون بار است، پس در نتیجه در میدان مغناطیسی منحرف نمی شود، بنابراین پروتوی B پروتوی گاما است.

22 گام اول: برای درک بهتر، ابتدا معادله واپاشی را می نویسیم:



گام دوم: با استفاده از موازنه عدد جرمی، تعداد نوترون ها (X) مشخص می گردد:

$$1 + 235 = 141 + 92 + X \Rightarrow X = 3$$

23 ابتدا معادله واپاشی را می نویسیم:

$${}_Z^AX \rightarrow {}_Z^AY + {}_p^4\alpha + {}_{-1}^0\beta \Rightarrow \begin{cases} A = A' + 4 \\ Z = Z' + 1 \end{cases}$$

این موضوع یعنی تعداد پروتون های هسته یک واحد کم شده و بار هسته به اندازه $1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ کاهش می یابد.

24 گام اول: با توجه به نمودار داده شده، پس از ۲۰ روز، ۴۵ گرم از ماده واپاشی شده، بنابراین:

$$n = \frac{t}{T} = \frac{20}{5} = 4 \Rightarrow \text{جرم باقی مانده: } m = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow m = \frac{m_0}{2^4} = \frac{m_0}{16}$$

گام دوم: جرم اولیه برابر است با:

$$m' = m_0 - m \Rightarrow 45 = m_0 - \frac{m_0}{16} \Rightarrow \frac{15m_0}{16} = 45$$

$$\Rightarrow m_0 = \frac{16 \times 45}{15} = 16 \times 3 = 48 \text{ g}$$

گام سوم: حال می توان زمان لازم تا باقی ماندن ۰/۷۵ گرم از ماده را محاسبه کرد.

$$m = \frac{m_0}{2^n} \Rightarrow 0.75 = \frac{48}{2^n} \Rightarrow 2^n = \frac{48}{0.75} = 64$$

گام دوم: انرژی یونش الکترون از رابطه $E = \frac{+E_R}{n^2}$ به دست می آید، بنابراین

با افزایش شماره تراز الکترون، انرژی یونش آن کاهش می یابد، انرژی یونش ۹۶ درصد تغییر کرده و به ۴ درصد حالت پایه رسیده است، بنابراین می توان نوشت:

$$E_n = \frac{4}{100} E_1 \Rightarrow \frac{E_R}{n^2} = \frac{4}{100} \times \frac{E_R}{1} \Rightarrow n^2 = 25$$

$$\xrightarrow[\text{جزر بگیریم}]{\text{از طرفین}} n = \sqrt{25} \Rightarrow n = 5$$

گام سوم: شعاع مدارهای الکترون در اتم هیدروژن از رابطه $r_n = n^2 a_0$ به دست می آید. برای مقایسه شعاع مدار الکترون در تراز جدید ($n = 5$) با اولین حالت برانگیخته ($n = 2$) داریم:

$$\frac{r_5}{r_2} = \frac{5^2 \times a_0}{2^2 \times a_0} = \frac{25}{4}$$

16 در تراز n' ، انرژی الکترون برابر -0.85 eV است، بنابراین:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow -0.85 = -\frac{13.6}{n^2} \Rightarrow n' = 4$$

در ادامه می توان نوشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\left(\frac{1}{15} \times 10^3 \right)} = 0.1 \times \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{15}{80} = \frac{1}{n^2} - \frac{1}{16} \Rightarrow n = 2$$

دقت کنید: چون R بر حسب $(\text{nm})^{-1}$ داده شده است، طول موج را بر حسب نانومتر جای گذاری کرده ایم.

17 لیزر در چاپگرها، در نگاشتن اطلاعات روی CD یا DVD ها و خواندن آن ها، شبکه های کبل نور، اندازه گیری دقیق طول، دستگاه های جوشکاری و برش فلزات، پژوهش های علمی و سرگرمی، برای جراحی در پزشکی، برداشتن لکه های پوستی، اصلاح دید چشم و دندان پزشکی کاربرد دارد.

18 پروتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقه نازک سربی با ضخامت ناچیز ($\approx 0.1 \text{ mm}$) متوقف می شوند، در حالی که پروتوهای β مسافت بیشتری را ($\approx 1 \text{ mm}$) در سرب نفوذ می کنند.

18 پروتوهای γ بیشترین نفوذ را دارند و می توانند از ورقه های سربی با ضخامت قابل

ملاحظه ای ($\approx 100 \text{ mm}$) بگذرند. با توجه به این توضیحات داریم:

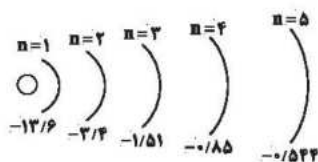
19 تفاوت عدد جرمی و عدد نوترونی، برابر عدد اتمی است که معادل تعداد پروتون های هسته است. دقت شود که ممکن است اتم، خنثی نباشد و در این حالت، تعداد پروتون ها و الکترون ها برابر نمی باشند.

$$\begin{cases} m \approx \frac{1.00}{0.1} \approx 1000 \\ n \approx \frac{0.1}{0.01} \approx 10 \end{cases} \Rightarrow \frac{m}{n} \approx \frac{1000}{10} = 100$$

20 گام اول: با توجه به این که نیروی F_1 از نوع دافعه است، بنابراین نیروی F_1 ، نیروی دافعه الکتروستاتیکی بین پروتون های هسته می باشد.

29 ۴ با توجه به رابطه $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$ ، انرژی الکترون در مدارهای

اتم هیدروژن برحسب الکترون ولت به صورت زیر است:



اختلاف انرژی گذار از n_1 به n_2 $\Rightarrow 2/55\text{eV} \Rightarrow n_1=2, n_2=4$

گذار از n_1 به n_2 $\Rightarrow n_2+1=5, n_1=2$

اختلاف انرژی $\rightarrow -0.8544 - (-3.4) = 2.5456\text{eV} = 2.55\text{eV}$

30 ۱ گام اول: ابتدا کل انرژی فوتون‌هایی که به لنز تلسکوپ

می‌رسند را به دست می‌آوریم:

$$E_t = nhf = \frac{nhc}{\lambda} = \frac{10^{20} \times 6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{600 \times 10^{-9}} = \frac{66 \times 3}{6} = 33\text{J}$$

گام دوم: در ادامه به کمک رابطه شدت تابش، مساحت لنز را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{E}{A \cdot t} \Rightarrow 1200 = \frac{33}{A \cdot 33} \Rightarrow A = \frac{1}{1200}\text{m}^2$$

گام سوم: در نهایت شعاع لنز برابر است با:

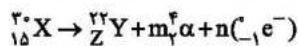
$$A = \pi r^2 \Rightarrow \frac{1}{1200} = \pi r^2 \Rightarrow r = \frac{1}{60}\text{m}$$

31 ۲ در متن صورت سؤال دو اشتباه وجود دارد:

(۱) حرکت شتابدار الکترون سبب تابش امواج الکترومغناطیسی توسط الکترون می‌شود که بسامد آن برابر با بسامد حرکت مداری الکترون است.

(۲) با تابش امواج الکترومغناطیسی توسط الکترون از انرژی الکترون کاسته شده، بنابراین شعاع حرکت آن کوچک‌تر شده و دوره آن نیز کاهش یافته و بسامد حرکت الکترون افزایش می‌یابد.

32 ۱ ابتدا واکنش موردنظر را به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:



با توجه به صورت سؤال $n = m + 1$ است و با توجه به موازنه بار و جرم در طرفین واکنش داریم:

$$\text{موازنه جرم: } 30 = 22 + 4 + m \Rightarrow m = 2$$

$$n = m + 1 \Rightarrow n = 2 + 1 = 3$$

$$\text{موازنه بار: } 15 = Z + 2m - n \Rightarrow Z = 14$$

تعداد نوترون‌های Y برابر است با:

$$22 - 14 = 8$$

بنابراین خواسته سؤال، اختلاف تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های Y برابر است با:

$$14 - 8 = 6$$

$$\Rightarrow v^n = 64 \Rightarrow v = 64^{1/n} \Rightarrow n = 6$$

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 6 = \frac{t}{\Delta} \Rightarrow t = 30 \text{ شبانه روز}$$

بنابراین:

25 ۴ گام اول: با توجه به نمودار مربوط به ماده پرتوزای A، مشخص می‌شود که نیمه عمر ماده A برابر ۳ روز است، بنابراین تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده ماده A بعد از گذشت ۹ روز برابر است با:

$$N = \frac{N_0}{2^{t/T_A}} \Rightarrow N = \frac{2000}{2^3} = \frac{2000}{8} \Rightarrow N = 250$$

گام دوم: ماده پرتوزای B پس از گذشت سه روز، به اندازه ۲۵۰ هسته فعال خواهد داشت، بنابراین:

$$250 = \frac{2000}{2^{t/T_B}} \Rightarrow 2^{t/T_B} = \frac{2000}{250} = 8$$

$$\Rightarrow 2^{t/T_B} = 8 \Rightarrow \frac{t}{T_B} = 3 \Rightarrow T_B = 1 \text{ روز}$$

گام سوم: حال می‌توان تعداد روزها برای آن که $\frac{1}{128}$ از هسته‌های B فعال

باقی بماند را حساب کرد:

$$\frac{N_0}{128} = \frac{N_0}{2^{t/T_B}} \Rightarrow \frac{1}{128} = \frac{1}{2^{t/T_B}} \Rightarrow \frac{1}{2^7} = \frac{1}{2^{t/T_B}} \Rightarrow 7 = \frac{t}{T_B}$$

$$\xrightarrow{T_B=1 \text{ روز}} t = 7 \text{ روز}$$

26 ۳ برای رخ دادن فوتوالکتریک، داریم:

$$E > h \frac{c}{\lambda_0} \Rightarrow E > \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{600 \times 10^{-9}} = 2\text{eV}$$

27 ۲ عبارت‌های «د» و «ه» نادرست هستند.

بررسی عبارت‌هاک نادرست:

(د) طول موج‌های طیف بالمر در ناحیه فرابنفش و مرئی قرار دارند.

(ه) فرایند داده‌شده، فرایند گسیل خودبه‌خودی را نشان می‌دهد.

28 ۱ کم‌ترین بسامد در رشته پاشن هنگامی رخ می‌دهد که الکترون

از مدار $n=4$ به مدار $n'=3$ برود. در این صورت با استفاده از معادله ریدبرگ، طول موج فوتون گسیلی برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_1} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) \Rightarrow \lambda_1 = \frac{144}{7R}$$

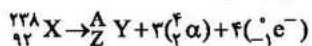
بیشترین بسامد فوتون‌های مرئی در اتم هیدروژن در گذار الکترون از مدار $n=6$ به $n'=2$ در رشته بالمر رخ می‌دهد و طول موج این فوتون برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda_2} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{6^2} \right) \Rightarrow \lambda_2 = \frac{9}{2R}$$

در نهایت برای مقایسه بسامد فوتون‌ها در دو حالت می‌توان نوشت:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\frac{9}{2R}}{\frac{144}{7R}} = \frac{9 \times 7}{144 \times 2} = \frac{63}{288}$$

37 ابتدا معادله واپاشی را می‌نویسیم:



$$92 = Z + 2 \times 2 + 0 \Rightarrow Z = 90$$

$$238 = A + 4 + 0 \Rightarrow A = 234$$

بنابراین خواسته سؤال به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\{Z = 90: \text{تعداد پروتون‌ها}\}$$

$$\{A - Z = 234 - 90 = 144: \text{تعداد نوترون‌ها}\}$$

$$\Rightarrow 144 - 90 = 54: \text{اختلاف تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها}$$

38 انرژی خروجی از لیزر در هر دقیقه برابر است با:

$$E_{\text{کل}} = 10 \times 10^{-3} \times 60 = 6 \times 10^{-1} \text{ J}$$

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

$$\Rightarrow E = 6/6 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{1320 \times 10^{-10}} = 1/5 \times 10^{-18} \text{ J}$$

بنابراین تعداد فوتون‌ها برابر است با:

$$n = \frac{E_{\text{کل}}}{E} = \frac{6 \times 10^{-1}}{1/5 \times 10^{-18}} = 3 \times 10^{17}$$

39 طول موج 450 nm مربوط به محدوده نور مرئی و رشته بالمر ($n' = 2$) است، بنابراین طبق رابطه ریذبرگ داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{450} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow n = 6$$

الکترون موردنظر در تراز $n = 6$ قرار داشته است و به تراز $n' = 2$ منتقل می‌شود، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\left| \frac{n - n'}{n + n'} \right| = \left| \frac{6 - 2}{6 + 2} \right| = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$$

40 ابتدا توان و انرژی دریافتی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{P}{t} = 100 \Rightarrow P = 100 \times \frac{9}{16} = 56/25 \text{ W}$$

$$E_{\text{کل}} = P \Delta t = 56/25 \times (12 \times 60 \times 60)$$

$$\Rightarrow E_{\text{کل}} = 2/43 \times 10^6 \text{ J} = \frac{2/43 \times 10^6}{1/6 \times 10^{-19}} = 1/5 \times 10^{25} \text{ eV}$$

در ادامه با محاسبه انرژی هر فوتون، تعداد فوتون‌ها را می‌یابیم.

$$E_{\text{فوتون}} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240}{496} = 2/5 \text{ eV}$$

$$n = \frac{E_{\text{کل}}}{E_{\text{فوتون}}} = \frac{1/5 \times 10^{25}}{2/5} = 0/6 \times 10^{25} = 6 \times 10^{24}$$

33 با استفاده از رابطه معروف اینشتین ($E = mc^2$) داریم:

$$\Delta m = 6/6 \times 10^{-17} \text{ ng}$$

$$\Rightarrow \Delta m = 6/6 \times 10^{-17} \times 10^{-9} \times 10^{-3} \text{ kg} = 6/6 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

$$E = \Delta mc^2 = 6/6 \times 10^{-29} \times 9 \times 10^{16} \text{ J}$$

بنابراین با استفاده از رابطه انرژی فوتون داریم:

$$E = nh \frac{c}{\lambda} \Rightarrow 6/6 \times 10^{-29} \times 9 \times 10^{16} = n \times \frac{6/6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{0/4 \times 10^{-6}}$$

$$\Rightarrow n = 1/2 \times 10^7$$

34 گام اول: اگر جرم اولیه را با m_0 ، جرم باقی‌مانده را با m و جرم واپاشیده‌شده را با m' نشان دهیم، داریم:

$$m = \frac{m_0}{\gamma^n} \Rightarrow m = \frac{m' + m}{\gamma^n} \xrightarrow{m' = 63m} m = \frac{63m + m}{\gamma^n}$$

$$\Rightarrow \gamma^n = 64 \Rightarrow n = 6$$

گام دوم: با مشخص بودن n و نیمه‌عمر، به دست آوردن کل زمان واکنش کار چندان دشواری نیست.

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow 6 = \frac{t}{4} \Rightarrow t = 24 \text{ h}$$

35 عناصر B و D عدد اتمی یکسانی ندارند و در نتیجه خواص شیمیایی آن‌ها یکسان نیست و به کمک روش‌های شیمیایی از هم جدا می‌شوند.

بررسی سایر گزینه‌ها:

1 و 2) عناصری که دارای عدد اتمی برابر و عدد نوترونی متفاوت هستند ایزوتوپ نام دارند. بنابراین A و B با یکدیگر و C و D با یکدیگر ایزوتوپ هستند. ایزوتوپ‌ها دارای خواص شیمیایی یکسان و خواص فیزیکی متفاوت هستند.

3) ویژگی‌های هسته یک اتم به تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های داخل هسته بستگی دارد و ویژگی‌های هسته ایزوتوپ‌ها یکسان نمی‌باشد.

36 خط دوم رشته بالمر در گذار الکترون از مدار $n = 4$ به $n' = 2$ حاصل می‌شود و انرژی فوتون مربوط به آن برابر است با:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} = -\frac{13/6 \text{ eV}}{n^2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} E_4 = -\frac{13/6}{16} = -3/4 \text{ eV} \\ E_2 = -\frac{13/6}{4} = -1/8 \text{ eV} \end{cases} \Rightarrow E_{\text{فوتون}} = E_4 - E_2 = 2/5 \text{ eV}$$

خط دوم رشته لیمان در گذار الکترون از مدار $n = 3$ به $n' = 1$ حاصل می‌شود و انرژی فوتون مربوط به آن برابر است با:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} E_3 = -\frac{13/6}{9} = -13/54 \text{ eV} \\ E_1 = -\frac{13/6}{1} = -13/6 \text{ eV} \end{cases} \Rightarrow E'_{\text{فوتون}} = E_3 - E_1 = 12/9 \text{ eV}$$

بنابراین اختلاف انرژی این دو فوتون برابر است با:

$$12/9 - 2/5 = 9/5 \text{ eV}$$

۴۵ در ابتدا باید بدانیم الکترون با دریافت این نور به کدام حالت برانگیخته رفته است.

$$hf = E_U - E_L \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = E_U - E_L \Rightarrow \frac{1200}{100} = -\frac{13}{5} - (-13/5)$$

$$\Rightarrow n^2 = 9 \Rightarrow n = 3$$

الکترونی که در مدار $n = 3$ قرار دارد برای رفتن به حالت پایه، ۳ گذار مختلف و در نتیجه ۳ فوتون با انرژی‌های مختلف به صورت زیر می‌تواند داشته باشد:

$$\Delta E(E_3 \rightarrow E_2)$$

$$\Delta E(E_3 \rightarrow E_1)$$

$$\Delta E(E_2 \rightarrow E_1)$$

۴۶ شعاع مدارهای مجاز از رابطه $r_n = a_0 n^2$ به دست می‌آید. با مقایسه فاصله مدار n تا $n+1$ با فاصله مدار $n-1$ تا n داریم:

$$\frac{\Delta r_{n, n+1}}{\Delta r_{n, n-1}} = \frac{a_0 (n+1)^2 - a_0 n^2}{a_0 n^2 - a_0 (n-1)^2} \Rightarrow \frac{\Delta r_{n, n+1}}{\Delta r_{n, n-1}} = \frac{2n+1}{2n-1}$$

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

بنابراین الکترون در مدار چهارم قرار دارد و با گسیل فوتونی از سری لیمان به مدار اول می‌آید. طبق رابطه ریدبرگ برای رشته لیمان داریم:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.01 \times \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = 0.01 \times \frac{15}{16} \Rightarrow \lambda = \frac{1600}{15} = \frac{320}{3} \text{ nm}$$

۴۷ حرکت الکترون به دور هسته یک حرکت شتابدار است. از این رو بنابر نظریه الکترومغناطیسی کلاسیک باید این الکترون موج الکترومغناطیسی گسیل کند و بسامد موج گسیل شده با بسامد حرکت مداری الکترون برابر است. در نتیجه با گسیل موج الکترومغناطیسی از انرژی الکترون کاسته می‌شود که این کاهش انرژی باعث می‌شود که شعاع مدار الکترون به دور هسته کوچک‌تر و بسامد حرکت آن بیشتر شود. تغییر بسامد مداری به معنای تغییر بسامد موج الکترومغناطیسی است که گسیل می‌شود، بنابراین الکترون‌ها به تدریج انرژی خود را از دست می‌دهند و بسامد حرکت آن‌ها به تدریج افزایش می‌یابد. بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده نیز به تدریج زیاد می‌شود. (طول موج گسیلی کوتاه‌تر می‌شود).

۴۱ اگر فوتون نوری از یک محیط شفاف وارد یک محیط شفاف دیگر شود، بسامد و انرژی فوتون تغییر نمی‌کند، ولی طول موج و سرعت آن تغییر خواهد کرد، بنابراین داریم:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = 4 \times 10^{-15} \times \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{-7}} = 2 \text{ eV}$$

لذا انرژی هر فوتون در هوا و آب ۲ eV است.

از آن‌جا که با ورود پرتو نور به آب، سرعت آن کمتر شده است و بسامد نور ثابت مانده است، طول موج برابر است با:

$$v = \lambda f \xrightarrow{f_1 = f_2} \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \xrightarrow{\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}} \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\frac{4}{3}} = \frac{\lambda_2}{600} \Rightarrow \lambda_2 = 600 \times \frac{3}{4} = 450 \text{ nm}$$

۴۲ از معلومات سؤال خواهیم داشت:

$$1) \Delta E(4 \rightarrow 1) = E_4 - E_1 = a \quad (1)$$

$$2) \Delta E(3 \rightarrow 1) = E_3 - E_1 = b \Rightarrow E_3 = b + E_1 \quad (2)$$

$$3) \Delta E(4 \rightarrow 2) = E_4 - E_2 = c \Rightarrow E_4 = E_2 + c \quad (3)$$

طبق خواسته سؤال می‌توان نوشت:

$$\Delta E(3 \rightarrow 2) = E_3 - E_2$$

$$\xrightarrow{(2), (3)} \Delta E(3 \rightarrow 2) = b + E_1 - (E_2 + c) = b + c - (E_2 - E_1)$$

$$\xrightarrow{(1)} \Delta E(3 \rightarrow 2) = b + c - a$$

۴۳ هنگامی که الکترون از مدار بالاتر $n_U = 5$ به مدار پایین‌تر $n_L = 2$ جهش می‌کند، فوتونی گسیل می‌شود که انرژی آن برابر با اختلاف انرژی دو مدار است، پس داریم:

$$E_U - E_L = hf \Rightarrow \frac{-E_R}{n_U^2} - \frac{(-E_R)}{n_L^2} = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\Rightarrow 13/6 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{25} \right) = \frac{4/2 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \frac{13/6 \times 21}{100} = \frac{1/26 \times 10^{-6}}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{126}{21} \times \frac{1}{13/6} \times 10^{-6} \Rightarrow \lambda = \frac{15}{34} \times 10^{-6} \text{ m} = \frac{15}{34} \mu\text{m}$$

۴۴ بیشترین انرژی فوتون گسیلی زمانی است که الکترون بیشترین پرش را انجام دهد، یعنی از تراز $n = 3$ به تراز $n' = 1$ برسد. در این صورت طول موج گسیل شده کم‌ترین خواهد بود و داریم:

$$\frac{1}{\lambda_{\min}} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = \frac{8}{900} \Rightarrow \lambda_{\min} = \frac{900}{8} \text{ nm}$$

می‌دانیم انرژی فوتون از رابطه $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ محاسبه می‌شود، بنابراین داریم:

$$E_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{\frac{900}{8} \times 10^{-9}} = \frac{12 \times 8 \times 10^{-7}}{9 \times 10^{-7}} = \frac{32}{3} \text{ eV}$$

۴۵۱ بلندترین طول موج هر رشته به ازای $n = n' + 1$ و کوتاهترین طول موج هر رشته به ازای $n = \infty$ به دست می‌آید، بنابراین با استفاده از رابطه ریذبرگ داریم:

$$\frac{1}{\lambda_{\max}} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n'+1)^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = 0.01 \times \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 0.01 \times \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{720}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = 720 \text{ nm}$$

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

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\min}} = 0.01 \times \left(\frac{1}{2^2} - 0 \right) = \frac{1}{1600}$$

$$\Rightarrow \lambda_{\min} = 1600 \text{ nm}$$

پس بلندترین طول موج رشته بالمر، از کوتاهترین طول موج رشته براکت، 880 nm اختلاف این دو طول موج

نازومتر کوچک‌تر است.

۴۵۲ برای این که الکترون در تراز $n = 5$ با تابش دو فوتون متمایز به حالت پایه برسد، حالت‌های زیر را شامل می‌شود:

قابل قبول \rightarrow اولین خط براکت - سومین خط لیمان: $5 \rightarrow 4$ فرابنفش فروسرخ

قابل قبول \rightarrow دومین خط پاشن - دومین خط لیمان: $5 \rightarrow 3$ فرابنفش فروسرخ

غیر قابل قبول \rightarrow سومین خط بالمر - اولین خط لیمان: $5 \rightarrow 2$ فرابنفش مرئی

حواستان باشد که گزینه (۲)، ترتیب از راست به چپ را رعایت نکرده است و به همین دلیل گزینه (۴) قابل قبول نیست.

دقت کنید: همه فوتون‌های رشته لیمان فرابنفش هستند، در حالی که همه فوتون‌های رشته‌های پاشن و براکت فروسرخ می‌باشند.

۴۵۳ ابتدا انرژی جنبشی فوتوالکترون را محاسبه کنیم:

$$K = \frac{p^2}{2m} = \frac{(7/2 \times 10^{-25})^2}{2 \times 9 \times 10^{-31}} = 2.78 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\xrightarrow{\text{تبدیل به eV}} K = \frac{2.78 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.74 \text{ eV}$$

حالا باید انرژی فوتون تابشی را به دست آوریم:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{2 \times 10^{-7}} = 6 \text{ eV}$$

برای به دست آوردن انرژی لازم برای خارج کردن الکترون، کفایت انرژی جنبشی فوتوالکترون را از انرژی فوتون تابشی کم کنیم:

$$E - K = 6 - 1.74 = 4.26 \text{ eV}$$

به عبارتی می‌توان گفت که فوتون تابشی، از 6 eV انرژی خود، 4.26 eV را صرف جدا کردن الکترون کرده است و 1.74 eV باقی‌مانده را به صورت انرژی جنبشی به الکترون داده است.

۴۵۴ فرض می‌کنیم که دو مدار مجاور اشاره‌شده، مدارهای n و $n+1$ باشند. در این صورت با توجه به متن سؤال می‌توان نوشت:

$$r = n^2 a_0 \Rightarrow \begin{cases} r_{n+1} - r_n = (n+1)^2 a_0 - n^2 a_0 = (2n+1) a_0 \\ r_n - r_{n-1} = (n)^2 a_0 - (n-1)^2 a_0 = (2n-1) a_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow 2n+1 = 15 \Rightarrow 2n = 14 \Rightarrow n = 7$$

بنابراین نسبت خواسته‌شده برابر است با:

$$\frac{r_{n+1} + r_n}{a_0} = (n+1)^2 + n^2 = (7+1)^2 + 7^2 = 64 + 49 = 113$$

۴۸ ابتدا تغییر بار الکتریکی کره را به دست می‌آوریم تا تعداد فوتون‌هایی را که با الکترون‌های کره برهم‌کنش کرده‌اند را به دست آوریم:

$$\Delta q = q_2 - q_1 = \frac{1}{3} q_1 - q_1 = -\frac{2}{3} q_1$$

$$q_1 = -12 \text{ nC} \rightarrow \Delta q = -\frac{2}{3} \times (-12) = 8 \text{ nC} = 8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$\Delta q = ne \rightarrow 8 \times 10^{-9} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{10}$$

حالا کافیت تا این تعداد را از فوتون‌های تابشی کم کنیم تا تعداد فوتون‌هایی که برهم‌کنش نداشته‌اند (n') را به دست آوریم:

$$n' = 2 \times 10^{11} - 5 \times 10^{10} = 1.5 \times 10^{11}$$

بنابراین مجموع انرژی فوتون‌هایی که برهم‌کنش نداشته‌اند برابر است با:

$$E = \frac{n' hc}{\lambda} = \frac{1.5 \times 10^{11} \times 1240}{186} = 10^{12} \text{ eV}$$

$$\Rightarrow E = 10^{12} \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-7} \text{ J} = 0.16 \mu\text{J}$$

۴۹ با توجه به این که انرژی هر فوتون از رابطه $E = \frac{hc}{\lambda}$ به دست می‌آید، داریم:

$$E_A = \frac{hc}{\lambda_A} \Rightarrow \lambda_A = \frac{hc}{E_A} = \frac{hc}{2}$$

$$E_B = \frac{hc}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_B = \frac{hc}{E_B} = \frac{hc}{\lambda}$$

انرژی فوتون با طول موج $\lambda_A - \lambda_B$ برابر است با:

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = \frac{hc}{\lambda_A - \lambda_B} = \frac{hc}{\frac{hc}{2} - \frac{hc}{\lambda}}$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{1}{\frac{1}{2} - \frac{1}{\lambda}} = \frac{2}{\frac{\lambda}{2} - 1} = \frac{2}{\lambda} \text{ eV}$$

انرژی فوتون با طول موج $\lambda_A + \lambda_B$ برابر است با:

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda_2} = \frac{hc}{\lambda_A + \lambda_B} = \frac{hc}{\frac{hc}{2} + \frac{hc}{\lambda}}$$

$$\Rightarrow E_2 = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{\lambda}} = \frac{2}{\frac{\lambda}{2} + 1} = \frac{2}{\lambda} \text{ eV}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{2}{\lambda}}{\frac{2}{\lambda}} = 1$$

بنابراین نسبت خواسته‌شده برابر است با:

۵۰ ابتدا شدت تابشی لامپ را در فاصله 2 km از آن به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{2}{100} \times 160 = 3.2 \text{ W}$$

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi R^2} = \frac{3.2}{4\pi \times (2 \times 10^3)^2} = \frac{3.2}{4\pi \times 4 \times 10^6} = \frac{2}{\pi} \times 10^{-7} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

همین شدت تابش را مردمک چشم ناظر دریافت می‌کند، بنابراین:

$$I = \frac{E}{A t} \Rightarrow E = I A t = \frac{2}{\pi} \times 10^{-7} \times \pi \times (2 \times 10^{-3})^2 \times 3 = 24 \times 10^{-13} \text{ J}$$

مساحت مردمک

بنابراین تعداد فوتون‌هایی که در این مدت به چشم ناظر می‌رسد برابر است با:

$$E = \frac{n h c}{\lambda} \Rightarrow n = \frac{E \lambda}{h c} = \frac{24 \times 10^{-13} \times 6 \times 10^{-7}}{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8} = 8 \times 10^6$$

۵۵ فوتون تابشی در ناحیه نور مرئی است، پس مربوط به رشته بالمر ($n=2$) است، بنابراین:

$$\frac{E_{n'}}{E_n} = \frac{-E_R}{-E_R} = \left(\frac{n}{n'}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{n}{2}\right)^2 = 12/25 \Rightarrow \frac{n}{2} = 3/5 \Rightarrow n=6$$

۵۶ می‌دانیم که در گذار الکترون از تراز بالاتر به تراز پایین‌تر، الکترون فوتونی گسیل می‌کند که انرژی این فوتون برابر اختلاف انرژی دو تراز است. به کمک بسامد فوتون گسیلی، انرژی فوتون را به دست می‌آوریم:

$$E = hf = 6.626 \times 10^{-34} \times 6.375 \times 10^{14} = 4.22 \times 10^{-19} \text{ J}$$

بررسی گزینه‌ها:

- ۱) $E_f - E_i = -0.85 - (-13/6) = 12.15 \text{ eV}$ (×)
 ۲) $E_f - E_i = -0.85 - (-3/4) = 2.55 \text{ eV}$ (✓)
 ۳) $E_f - E_i = -1.5 - (-13/6) = 12.15 \text{ eV}$ (×)
 ۴) $E_f - E_i = -1.5 - (-3/4) = 1.75 \text{ eV}$ (×)

۵۷ در شکل نشان داده شده در سؤال، یک الکترون ورودی باعث می‌شود که الکترون برانگیخته به تراز پایین‌تر برود و گسیل القایی رخ دهد.

در گسیل القایی، فوتون در جهت فوتون ورودی گسیل می‌شود، در حالی که در گسیل خودبه‌خودی، فوتون در جهتی کانونمای گسیل می‌شود.

۵۸ نظریه نسبیت خاص به مطالعه پدیده‌های فیزیکی در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور می‌پردازد.

۵۹ با توجه به متن کتاب درسی، طیفی که نور سفید بعد از عبور از گاز عنصری، تشکیل می‌دهد، جذبی خطی و طیف حاصل از لامپ محتوی بخار سدیم که به منبع تغذیه با ولتاژ بالا متصل است، گسیلی خطی است.

۶۰ تعداد هسته‌های فعال باقی‌مانده یک ماده رادیواکتیو از

$$\text{رابطه } N(t) = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \text{ به دست می‌آید:}$$

$$\begin{cases} N+93 = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{12}} & \text{در زمان } t \\ N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t+60}{12}} & \text{در زمان } t+60 \end{cases}$$

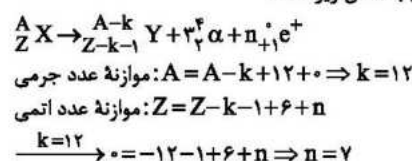
$$\xrightarrow{\text{تقسیم طرفین}} \frac{N+93}{N} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{12}}}{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t+60}{12}}}$$

$$\Rightarrow \frac{N+93}{N} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{12} - \frac{t+60}{12}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{-5} = 32 \Rightarrow 32N = N+93$$

$$\Rightarrow 31N = 93 \Rightarrow N=3$$

بنابراین تعداد هسته‌ها در زمان t برابر $N+93=96$ است. از لحظه t تا زمان $(t+36)$ ماه سه نیمه‌عمر دیگر می‌گذرد و تعداد هسته‌های باقی‌مانده برابر می‌شود به:

۶۱ فرض کنیم تعداد ذرات β^+ که گسیل شده‌اند، n باشد، بنابراین واکنش هسته‌ای به شکل زیر است:



۶۲ عنصر B روی خط $Z=N$ است و در نتیجه تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های آن برابر است، بنابراین:

$$N_B = Z_B = \frac{A_B}{2} \Rightarrow N_B = Z_B = 50$$

از طرفی عدد جرمی عناصر A، B و C یکسان است. پس با توجه به نمودار داده شده در سؤال داریم:

$$Z_A = Z_B + 10 = 60 \Rightarrow N_A = A_A - Z_A = 100 - 60 = 40$$

$$N_C = N_B + 5 = 55 \Rightarrow Z_C = A_C - N_C = 100 - 55 = 45$$

۶۳ در شکل (۱)، الکترون از سطح فلز کنده شده و نیز گسیل شده است (دارای انرژی جنبشی است):

$$f_1 > f_2$$

در شکل (۲)، الکترون از سطح فلز کنده نشده است (پدیده فوتوالکتریک رخ نداده است):

$$f_2 < f_0$$

در شکل (۳)، الکترون از سطح فلز کنده شده ولی گسیل نشده است (انرژی جنبشی ندارد):

$$f_3 = f_0$$

بنابراین:

$$f_1 > f_3 > f_2$$

۶۴ کوتاه‌ترین فرکانس، یعنی بلندترین طول موج، چون $n'=1$ است، پس بلندترین طول موج به‌ازای $n=2$ حاصل می‌شود:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right) = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = \frac{1}{100} \times \left(1 - \frac{1}{4} \right) = \frac{3}{400}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{400}{3} \text{ nm} = \frac{4}{3} \times 10^{-7} \text{ m}$$

بنابراین:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{3} \times 10^{-7}} = \frac{9}{4} \times 10^{15} \text{ Hz}$$

۶۵ انرژی یونش الکترون در سومین تراز انرژی برابر است با:

$$E = \frac{+E_R}{3^2} = \frac{+E_R}{9}$$

انرژی الکترون در سومین حالت برانگیخته برابر است با:

$$E' = \frac{-E_R}{4^2} = \frac{-E_R}{16}$$

$$\frac{E}{E'} = \frac{\frac{E_R}{9}}{\frac{-E_R}{16}} = -\frac{16}{9}$$

بنابراین:

دقت کنید سومین حالت برانگیخته به معنی تراز $n=4$ است.

۱ ۶۶ ابتدا دقت کنید که دومین حالت برانگیخته همان حالت $n=3$ است. انرژی الکترون در هر یک از ترازها برابر است با:

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow \begin{cases} n=1 \Rightarrow E_1 = -E_R \\ n=3 \Rightarrow E_3 = -\frac{E_R}{9} \\ n=6 \Rightarrow E_6 = -\frac{E_R}{36} \end{cases}$$

با رفتن الکترون از مدار $n=6$ به $n=3$ ، انرژی فوتون تابش شده برابر است با:
 $E = E_6 - E_3 = -\frac{E_R}{36} - (-\frac{E_R}{9}) = \frac{E_R}{12}$
 در ادامه با رفتن الکترون از مدار $n=3$ به حالت پایه ($n=1$)، انرژی فوتون تابش شده برابر است با:

$$E' = E_3 - E_1 = -\frac{E_R}{9} - (-E_R) = \frac{8E_R}{9}$$

بنابراین نسبت انرژی و بسامد دو فوتون برابر است با:

$$\frac{E'}{E} = \frac{\frac{8E_R}{9}}{\frac{E_R}{12}} = \frac{12 \times 8}{9} = \frac{32}{3} \Rightarrow \frac{E'}{E} = \frac{f'}{f} \Rightarrow \frac{f'}{f} = \frac{32}{3}$$

۳ ۶۷ فقط عبارت «ب» نادرست است. زیرا یکی از نارسایی‌های مدل اتمی رادرفورد، عدم توجه طیف اتمی گسسته است.

$$\begin{aligned} E_U - E_L &= 3/1875 \text{ eV} \quad n_U = n, n_L = 2 \\ \frac{-13/6}{n^2} + \frac{13/6}{4} &= 3/1875 \Rightarrow \frac{13/6}{n^2} = 3/4 - 3/1875 \\ \Rightarrow \frac{13/6}{n^2} &= 0/2125 \Rightarrow n^2 = \frac{13/6}{0/2125} = 64 \end{aligned}$$

بنابراین شعاع مدار برابر است با:

۲ ۶۹ مدت‌زمانی که الکترون‌ها در تراز شبه پایدار هستند، برابر با 10^{-3} s و مدت‌زمانی که الکترون‌ها در تراز برانگیخته معمولی هستند، برابر با 10^{-8} s است، بنابراین:

$$\frac{10^{-3}}{10^{-8}} = 10^5$$

دقت کنید: برای حل این سؤال نیازی به حفظ بودن اعداد نداشتیم و فقط باید می‌دانستیم که مدت زمانی که الکترون‌ها در ترازهای شبه پایدار هستند، بسیار طولانی‌تر از زمان‌هایی است که در ترازهای برانگیخته معمولی هستند.

۳ ۷۰ برای محاسبه تعداد فوتون‌ها به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$E_{\text{out}} = \frac{nhc}{\lambda} = \frac{n \times 1240}{620 \times 10^{-9}} = 2 \text{ neV}$$

$$\xrightarrow{\text{تبدیل به ژول}} E_{\text{out}} = 2n \times 1/6 \times 10^{-19} = 3/2n \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$P = \frac{E_{\text{out}}}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{3/2n \times 10^{-19}}{60} = \frac{1/6n}{3} \times 10^{-20}$$

$$P = 8 \text{ W} \Rightarrow \frac{1/6n}{3} \times 10^{-20} \times 10^{-20} = 8 \Rightarrow n = 1/5 \times 10^{21}$$

۳ ۷۱ چون هسته پایدار است، پس $N > Z$ است، بنابراین:

$$N - Z = 43 \xrightarrow{N=126} 126 - Z = 43 \Rightarrow Z = 83$$

بنابراین عدد جرمی این عنصر برابر است با: $A = Z + N = 83 + 126 = 209$

۱ ۷۲ شیب پاره‌خط واصل A و B برابر ۱- است، پس این دو عنصر عدد جرمی یکسانی دارند:

$$A_B = A_A = 16 \xrightarrow{Z_B = N_B} Z_B = 8$$

بنابراین بار الکتریکی هر هسته B برابر است با:

$$q_B = ne = Z_B e = 8 \times 1/6 \times 10^{-19} = 1/28 \times 10^{-18} \text{ C}$$

۴ ۷۳ در این واپاشی، تعداد نوترون‌ها یک واحد کم شده و تعداد

پروتون‌ها یک واحد افزایش یافته است. پس واپاشی β^- رخ داده و ذره گسیل‌شده، الکترون است.

۱ ۷۴ تعداد هسته‌های واپاشی شده برابر اختلاف تعداد کل هسته‌های

اولیه و هسته‌های فعال باقی مانده است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$N'(t) = N_0 \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}\right)$$

$$\xrightarrow{t=60 \text{ روز}} \frac{31}{32} N_0 = N_0 \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{60}{T}}\right) \Rightarrow \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{60}{T}} = 1 - \frac{31}{32} = \frac{1}{32}$$

$$\xrightarrow{22=2^5} \frac{60}{T} = 5 \Rightarrow T = 12 \text{ روز}$$