

گزینه ۴

۱

کافی از رابطه $PV = nRT$ استفاده کنیم. توجه کنید در این رابطه V برحسب مترمکعب و دما برحسب کلون جایگذاری می‌شود.

$$V = \lambda L = \lambda \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = \theta + 273 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$PV = nRT \Rightarrow P \times (\lambda \times 10^{-3}) = 1 \times \lambda \times 300 \Rightarrow P = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$$

گزینه ۱

۲

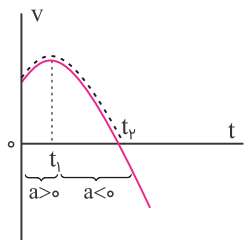
به بررسی هریک از موارد می‌پردازیم:

(الف) نادرست؛ در لحظه t_1 تنها جهت شتاب تغییر می‌کند و سرعت همچنان مثبت و در جهت محور باقی می‌ماند.

(ب) درست؛ در این بازه سرعت مثبت است یعنی حرکت متحرک در جهت محور است.

(پ) نادرست؛ در این بازه تندی (اندازه سرعت) در حال افزایش است.

(ت) نادرست؛ شتاب برابر شیب خط مماس بر نمودار سرعت - زمان است. باتوجه به شیب خط مماس، در بازه $(0, t_1)$ شتاب مثبت و در بازه (t_1, t_2) شیب خط مماس منفی است.



تندی در لحظه $t = ۱۲ \text{ s}$ برابر شیب خط مماس بر نمودار مکان- زمان است. پس:

$$v_{t=۱۲ \text{ s}} = \frac{۲۴۰}{۱۲ - ۴} = \frac{۲۴۰}{۸} = ۳۰ \text{ m/s}$$

اگر مکان متحرک در $t = ۱۴ \text{ (s)}$ را $x_{۱۴ \text{ s}}$ در نظر بگیریم، تندی متوسط متحرک در بازه $(۲ \text{ s}, ۱۴ \text{ s})$ برابر است با:

$$S_{av(۲ \text{ s}, ۱۴ \text{ s})} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{x_{۱۴ \text{ s}} - ۶۰}{۱۴ - ۲}$$

باتوجه به صورت تست، $S_{av(۲ \text{ s}, ۱۴ \text{ s})} = v_{t=۱۲ \text{ s}}$ است، پس:

$$\frac{x_{۱۴ \text{ s}} - ۶۰}{۱۴ - ۲} = ۳۰ \Rightarrow x_{۱۴ \text{ s}} = ۴۲۰ \text{ m}$$

حالا نسبت خواسته شده را به دست می آوریم. دو ثانیه اول یعنی $(۰, ۲ \text{ s})$ و دو ثانیه هفتم یعنی $(۱۲ \text{ s}, ۱۴ \text{ s})$ ، پس:

$$\frac{v_{av(۰, ۲ \text{ s})}}{v_{av(۱۲ \text{ s}, ۱۴ \text{ s})}} = \frac{\frac{x_{۲ \text{ s}} - x_0}{۲ - ۰}}{\frac{x_{۱۴ \text{ s}} - x_{۱۲ \text{ s}}}{۱۴ - ۱۲}} = \frac{x_{۲ \text{ s}} - x_0}{x_{۱۴ \text{ s}} - x_{۱۲ \text{ s}}} = \frac{۶۰ - ۰}{۴۲۰ - ۲۴۰} = \frac{۶۰}{۱۸۰} = \frac{۱}{۳}$$

ابتدا تغییرات سرعت را در هر بازه با استفاده از رابطه $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ به دست می آوریم.

$$\Delta v_{(۰, ۱۰ \text{ s})} = a_{av(۰, ۱۰ \text{ s})} \times \Delta t = -۲ \times ۱۰ = -۲۰ \text{ m/s}$$

$$\Delta v_{(۰, ۱۵ \text{ s})} = a_{av(۰, ۱۵ \text{ s})} \times \Delta t = \frac{۲}{۳} \times ۱۵ = +۱۰ \text{ m/s}$$

باتوجه به تغییرات سرعت در دو بازه به دست آمده، تغییر سرعت در بازه $(۱۰ \text{ s}, ۱۵ \text{ s})$ را به دست می آوریم:

$$\Delta v_{(۱۰ \text{ s}, ۱۵ \text{ s})} = \Delta v_{(۰, ۱۵ \text{ s})} - \Delta v_{(۰, ۱۰ \text{ s})} \Rightarrow \Delta v_{(۱۰ \text{ s}, ۱۵ \text{ s})} = ۱۰ - (-۲۰) = +۳۰ \text{ m/s}$$

حالا شتاب متوسط در بازه $(۱۰ \text{ s}, ۱۵ \text{ s})$ را به دست می آوریم:

$$a_{av(۱۰ \text{ s}, ۱۵ \text{ s})} = \frac{\Delta v_{(۱۰ \text{ s}, ۱۵ \text{ s})}}{۱۵ - ۱۰} = \frac{۳۰}{۵} = +۶ \vec{i} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

معادله مکان - زمان دو متحرک را می‌نویسیم. چون نمودار مکان - زمان دو متحرک به صورت خط راست است، سرعت دو متحرک ثابت است و معادله مکان - زمان آن‌ها از رابطه $x = vt + x_0$ به دست می‌آید.

$$\begin{cases} v_A = \frac{500 - 400}{10} = 10 \text{ m/s} \\ v_B = \frac{0 - (-300)}{10} = 30 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_A = 10t + 400 \\ x_B = 30t - 300 \end{cases}$$

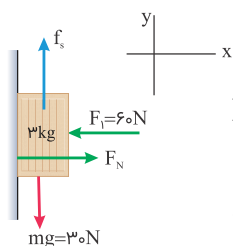
فاصله دو متحرک برابر $|x_A - x_B|$ است. پس:

$$\begin{aligned} |x_A - x_B| = 600 &\Rightarrow |10t + 400 - 30t + 300| = 600 \\ \Rightarrow |-20t + 700| = 600 &\Rightarrow \begin{cases} -20t + 700 = 600 \Rightarrow t_1 = 5 \text{ s} \\ -20t + 700 = -600 \Rightarrow t_2 = 65 \text{ s} \end{cases} \end{aligned}$$

خواسته سؤال $\frac{t_2}{t_1}$ برابر $13 = \frac{65}{5}$ است.

در لحظه باز شدن چتر، f_D (نیروی مقاومت هوا) دارای اندازه بزرگی است. باتوجه به اینکه جهت بردار سرعت در این لحظه به سمت پایین است و برآیند دو نیروی $\vec{f}_D$ و وزن به سمت بالا است، حرکت چتر باز کندشونده می‌شود پس تندی چتر باز کاهش می‌یابد. با کاهش تندی، اندازه f_D و در نتیجه برآیند دو نیروی f_D و mg نیز کم می‌شود. پس طبق رابطه $F_{\text{net}} = ma$ ، با کم شدن اندازه F_{net} ، اندازه a نیز کم می‌شود.

در حالت اول که نیروی F_1 به جسم وارد می‌شود و جسم ساکن است، برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر است. پس:



$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \text{در راستای } x: F_N = F_1 = 60 \text{ N} \\ \text{در راستای } y: f_s = mg = 30 \text{ N} \end{cases}$$

با وارد شدن نیروی F_2 به جسم، چون $F_2 > mg$ است جهت نیروی اصطکاک قرینه می‌شود. باتوجه به اینکه در حالت اول $f_s = 30 \text{ N}$ بوده است و نیروی عمودی سطح و جنس دو سطح تغییر نکرده است، پس بزرگی نیروی اصطکاک ایستایی بزرگ‌تر یا مساوی 30 N است.

پس در حالت دوم اگر فرض کنیم که جسم ساکن است، بزرگی نیروی اصطکاک وارد بر جسم برابر است با:

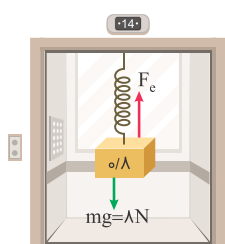
$$F_{\text{net}} = 0 \Rightarrow \begin{cases} \text{در راستای } x: F_N = F_1 = 60 \text{ N} \\ \text{در راستای } y: F_2 = mg + f_s \end{cases}$$

$$\Rightarrow 55 = 30 + f_s \Rightarrow f_s = 25 \text{ N}$$

چون f_s در این حالت از $f_s = 30 \text{ N}$ کمتر است، پس فرض ساکن ماندن جسم درست است. بنابراین نیروی اصطکاک وارد بر جسم در این حالت $f_s = 25 \text{ N}$ است. نیروی سطح وارد بر جسم در این حالت برابر است با:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_s^2} = \sqrt{60^2 + 25^2} = \sqrt{(5 \times 12)^2 + (5 \times 5)^2} = 5\sqrt{12^2 + 5^2} = 5 \times 13 = 65 \text{ N}$$

گام اول: نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم.



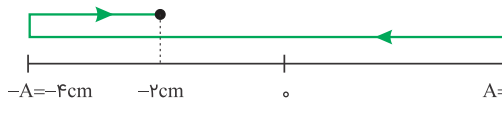
گام دوم: قانون دوم نیوتون را برای جسم می‌نویسیم. چون جهت حرکت رو به بالا و حرکت آسانسور کندشونده است، شتاب به سمت پایین است، برآیند نیروها نیز به سمت پایین است. پس:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow mg - F_c = ma \Rightarrow mg - kx = ma$$

$$\Rightarrow 8 - 2x = 0/8 \times 2 \Rightarrow x = 3/2 \text{ cm}$$

چون جهت نیروی فنر به سمت بالا است یعنی طول فنر از طول عادی آن بیشتر شده است. پس طول فنر به $20 + 3/2 = 23/2 \text{ cm}$ می‌رسد.

ابتدا دوره نوسان را به دست می‌آوریم و معادله حرکت نوسانگر را می‌نویسیم. باتوجه به نمودار صورت سؤال، زمان $\frac{1}{3}s$ برحسب دوره نوسان برابر است با:



$$\Delta t = \frac{T}{2} + \frac{T}{6} = \frac{4T}{6} = \frac{2T}{3} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{2T}{3} \Rightarrow T = \frac{1}{2} (s)$$

معادله مکان - زمان نوسانگر را می‌نویسیم:

$$x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = 0.04 \cos(4\pi t)$$

مکان متحرک در $t = \frac{3}{16}s$ را به دست می‌آوریم:

$$x = 0.04 \cos\left(4\pi \times \frac{3}{16}\right) = 0.04 \cos\left(\frac{3\pi}{4}\right) = -0.02\sqrt{2}$$

متأسفانه همانطور که می‌دانیم چون $x = \pm A$ و $x = 0$ است در این مکان ما توانایی به دست آوردن انرژی جنبشی را نداریم. اما راه حل آن به صورت زیر است:

$$\frac{K}{E} = \left(\frac{v}{v_m}\right)^2 = \left(\frac{A^2 - x^2}{A^2}\right) = \left(\frac{4^2 - (2\sqrt{2})^2}{4^2}\right) \Rightarrow \frac{K}{E} = \frac{1}{2}$$

گام اول: ابتدا طول موج و دوره تناوب موج را به دست می‌آوریم. باتوجه به نمودار $\frac{\lambda}{2} = 5 \text{ cm}$ است. طبق رابطه $\lambda = v.T$ دوره نوسان نقاط موج برابر است با:

$$\lambda = v.T \Rightarrow 0.1 = 0.2 \times T \Rightarrow T = \frac{1}{2} (s)$$

چون مدت زمان بین t_1 تا $t_1 + \frac{1}{4}s$ برابر نصف دوره است، نقطه M از مکان $x = +3 \text{ cm}$ به مکان $x = -3 \text{ cm}$ می‌رسد. پس جابه‌جایی نوسانگر برابر $\Delta x = -6 \text{ cm}$ است. طبق رابطه سرعت متوسط، داریم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{-6}{\frac{1}{4}} = -24 \text{ cm/s} \Rightarrow |v_{av}| = 24 \text{ cm/s}$$

ابتدا ترکیب دو رابطه $\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$ و $\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$ را برای ناظرهای A و B می‌نویسیم:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \Rightarrow \beta - \frac{5}{6}\beta = 10 \log \left(\frac{2r}{r}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{6}\beta = 10 \log 2^2 \Rightarrow \beta = 36 \text{ dB}$$

حالا رابطه $\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$ را برای ناظرهای A و C می‌نویسیم:

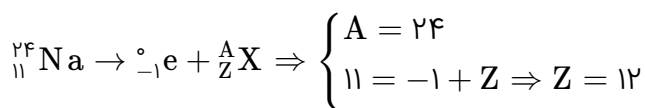
$$\beta_A - \beta_C = 10 \log \left(\frac{r_C}{r_A}\right)^2 \Rightarrow 36 - \beta_C = 10 \log \left(\frac{4r}{r}\right)^2$$

$$\Rightarrow 36 - \beta_C = 40 \log 2 = 12 \Rightarrow \beta_C = 24 \text{ dB}$$

زاویه انحراف برای دو آینه متقاطع، اگر پرتو از هر آینه تنها یک بار بازتاب شود، دو برابر زاویه حاده بین دو آینه است. پس زاویه خواسته شده برابر است با:

$$2\alpha = 2 \times 50 = 100$$

معادله واپاشی را می‌نویسیم تا عدد اتمی و عدد جرمی هسته جدید به دست بیاید.



پس هسته جدید $Z = 12$ پروتون و $N = A - Z = 12$ نوترون دارد.

سومین خط رشته n' یعنی گذار الکترون از $n' + 3$ به n' . طول موج این رشته برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n' + 3)^2} \right) \xrightarrow{\lambda = \xi} \frac{f}{c} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n' + 3)^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{2/5 \times 10^{16}}{3 \times 10^8} = \frac{1}{100} \times 10^9 \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n' + 3)^2} \right)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{12} = \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{(n' + 3)^2} \Rightarrow n' = 3$$

طبق رابطه انرژی الکترون در هر لایه، انرژی الکترون در لایه‌های مختلف را به دست می‌آوریم.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = \frac{-13/6}{1^2} = -13/6 \text{ eV} \\ E_2 = \frac{-13/6}{2^2} = -3/4 \text{ eV} \\ E_3 = \frac{-13/6}{3^2} = -1/51 \text{ eV} \\ E_4 = \frac{-13/6}{4^2} = -0/85 \text{ eV} \end{cases}$$

باتوجه به اعداد به دست آمده و این که انرژی فوتون گسیل شده برابر اختلاف انرژی دو تراز است، الکترون از تراز ۴ به تراز ۲ آمده است.

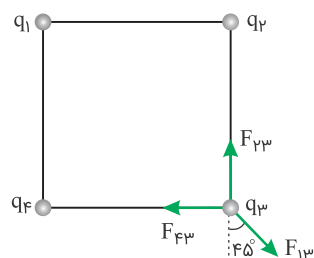
شعاع مدار n ام از رابطه $r = a_0 n^2$ به دست می‌آید. پس:

$$r = a_0 n^2 = a_0 (4)^2 = 16a_0, \quad r' = a_0 n'^2 = a_0 (2)^2 = 4a_0.$$

پس خواسته سؤال برابر است با:

$$r - r' = 16a_0 - 4a_0 = 12a_0.$$

بار q_1 بار q_3 را دفع یا جذب می‌کند. فرض می‌کنیم که بار q_1 بار q_3 را دفع می‌کند. برای این که برآیند نیروهای وارد بر q_3 صفر شود هر یک از دو بار q_2 و q_4 باید بار q_3 را جذب کنند. پس علامت بارهای q_2 و q_4 قرینه علامت بار q_1 است. پس گزینه‌های ۳ و ۴ نادرست‌اند.



چون برآیند نیروها صفر است، پس برآیند دو نیروی F_{23} و F_{43} باید هم‌اندازه با F_{13} و در خلاف جهت آن باشد. پس برآیند دو نیروی F_{23} و F_{43} باید روی نیمساز زاویه آن‌ها قرار بگیرد. در نتیجه دو نیروی F_{23} و F_{43} باید هم‌اندازه باهم باشند. اندازه برآیند دو نیروی F_{23} و F_{43} را با F_{13} برابر قرار می‌دهیم:

$$\begin{aligned} \sqrt{F_{23}^2 + F_{43}^2} &= F_{13} \xrightarrow{F_{23}=F_{43}} \sqrt{F_{23}^2 + F_{23}^2} = F_{13} \Rightarrow \sqrt{2}F_{23} = F_{13} \\ \Rightarrow \sqrt{2}k \frac{|q_2||q_3|}{a^2} &= k \frac{|q_1||q_3|}{(a\sqrt{2})^2} \Rightarrow \sqrt{2}|q_2| = \frac{|q_1|}{2} \\ \Rightarrow |q_2| &= \frac{\sqrt{2}}{4}|q_1| \end{aligned}$$

پس $q_2 = q_4 = -\frac{\sqrt{2}}{4}q_1$ است.

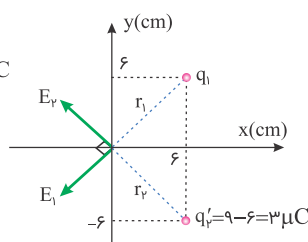
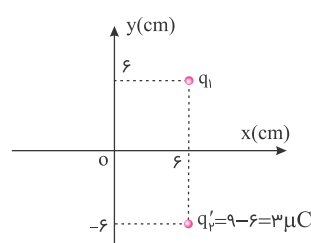
در حالت اول بزرگی نیرویی که دو ذره به هم وارد می‌کنند برابر $F = k \frac{q^2}{r^2}$ است. با انتقال الکترون از A به B بار B از q به $-2q$ رسیده است یعنی $3q$ بار آن کم شده است. پس بار A به اندازه $3q$ افزایش یافته است. پس در حالت جدید بار الکتریکی دو ذره برابر $4q$ و $-2q$ است. در این حالت بزرگی نیروی الکتریکی که دو ذره به هم وارد می‌کنند برابر است با:

$$F' = k \frac{|4q| |-2q|}{r^2} = 8k \frac{q^2}{r^2}$$

پس $\frac{F'}{F} = 8$ است.

چون دو بار q_2 و q_3 نسبت به نقطه O تقارن دارند، می‌توانیم یک بار معادل به جای آن‌ها قرار دهیم. بار q_2 را می‌توان دو بار فرضی $6 \mu C$ و $3 \mu C$ در نظر گرفت. بار فرضی $6 \mu C$ با بار $q_3 = 6 \mu C$ میدانی هم‌اندازه و در خلاف جهت هم تولید می‌کنند پس این دو بار را حذف می‌کنیم.

میدان بارهای q_1 و q'_2 در مبدأ مختصات بر هم عمودند. برآیند دو میدان بارهای q_1 و q'_2 در مبدأ مختصات را برابر $6/25 \times 10^6 \text{ N/C}$ قرار می‌دهیم. چه بار q_1 مثبت باشد و چه منفی، باز هم دو بردار E_1 و E_2 بر هم عمودند.



$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3 \times 10^{-6}}{(6\sqrt{2})^2 \times 10^{-4}} = \frac{3}{8} \times 10^7 \text{ N/C}$$

$$E_{\text{net}} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \Rightarrow 6/25 \times 10^6 = \sqrt{\left(\frac{3}{8} \times 10^7\right)^2 + E_1^2}$$

$$\Rightarrow E_1^2 = \left(\frac{25}{8} \times 10^6\right)^2 - \left(\frac{15}{8} \times 10^6\right)^2 = \left(\frac{10^6}{8}\right)^2 (25^2 - 15^2)$$

$$E_1 = \frac{10^6}{8} \times \sqrt{(25-15)(25+15)} = \frac{10^6}{8} \times 20 = 5 \times 10^6 \text{ N/C}$$

حالا اندازه بار q_1 را به دست می‌آوریم:

$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r^2} \Rightarrow 5 \times 10^6 = 9 \times 10^9 \times \frac{|q_1|}{(6\sqrt{2})^2} \Rightarrow |q_1| = 4 \times 10^{-6} \text{ C} = 4 \mu C$$

گام اول: با تغییر اختلاف پتانسیل دو سر خازن، ظرفیت آن ثابت می‌ماند. زیرا ظرفیت به ساختمان فیزیکی خازن بستگی دارد. طبق رابطه $Q = CV$ به صورت نسبی، داریم:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{\substack{C_2=C_1 \\ V_2=0.9V_1}} \frac{Q_2}{Q_1} = 1 \times 0.9 = 0.9 = \frac{90}{100}$$

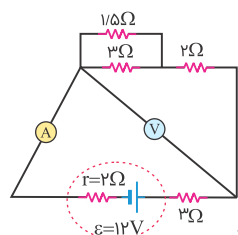
بنابراین بار خازن ۱۰ درصد کاهش یافته است.

گام دوم: از رابطه $U = \frac{1}{2} CV^2$ به صورت نسبی استفاده می‌کنیم تا نسبت انرژی ذخیره‌شده در خازن در حالت دوم به اول به دست بیاید.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \xrightarrow{\substack{\frac{C_2}{C_1}=1 \\ \frac{V_2}{V_1}=0.9}} \frac{U_2}{U_1} = (0.9)^2 = \frac{81}{100}$$

پس انرژی ذخیره‌شده در خازن ۱۹ درصد کاهش یافته است.

گام اول: مقاومت‌های 4Ω و 12Ω با آمپرسنج آرمانی موازی‌اند پس اتصال کوتاه می‌شوند. شکل ساده‌شده مدار به صورت زیر خواهد شد. بنابراین با یک مدار تک‌حلقه روبه‌رو هستیم.

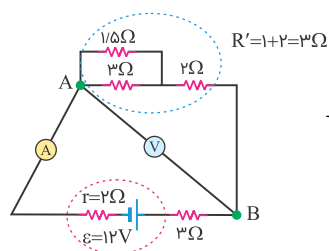


گام دوم: مقاومت معادل مدار و جریان عبوری از باتری را حساب می‌کنیم.

$$R_{eq} = \frac{1/5 \times 3}{1/5 + 3} + 2 + 3 = 6\Omega$$

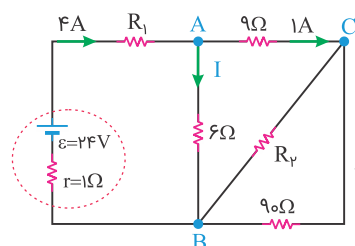
$$I_{\text{باتری}} = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{12}{6 + 2} = \frac{12}{8} = 1.5\text{ A}$$

گام سوم: عدد ولت‌سنج برابر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل شاخه بالای ولت‌سنج است. پس:



$$V = V_{AB} = R'I = 3 \times 1.5 = 4.5\text{ V}$$

گام اول: باتوجه به گره A، جریان عبوری از مقاومت 6Ω برابر است با:



$$4 = I + 1 \Rightarrow I = 3 \text{ (A)}$$

گام دوم: اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B با مجموع اختلاف پتانسیل AC و CB برابر است. پس اختلاف پتانسیل دو سر R_2 برابر است با:

$$V_{AB} = V_{AC} + V_{CB} \Rightarrow 6 \times 3 = 9 \times 1 + V_{R_2} \Rightarrow V_{R_2} = 9 \text{ V}$$

گام سوم: اختلاف پتانسیل مقاومت 90Ω چون با R_2 موازی است با V_{R_2} برابر است. پس جریان عبوری از 90Ω و R_2 برابر است با:

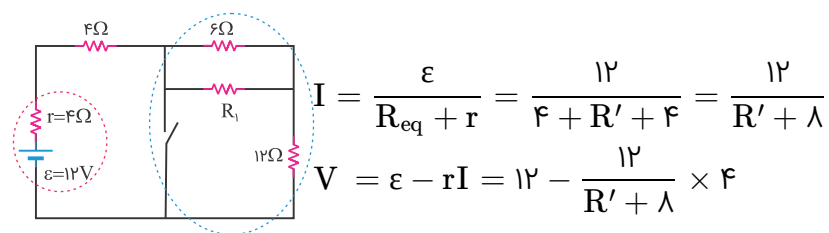
$$V_{90\Omega} = V_{R_2} \Rightarrow I_{90\Omega} = \frac{V_{90\Omega}}{R} = \frac{9}{90} = 0.1 \text{ A}$$

$$I_{90\Omega} + I_R = 1 \text{ (A)} \Rightarrow 0.1 + I_R = 1 \Rightarrow I_R = 0.9 \text{ A}$$

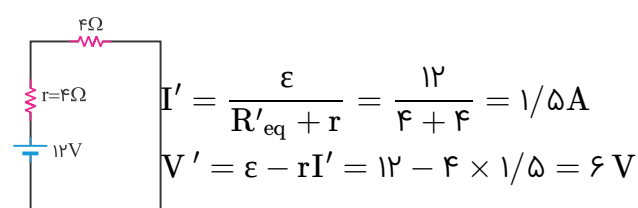
گام چهارم: حالا توان مصرفی R_2 را از رابطه $P = VI$ به دست می‌آوریم:

$$P_R = V_R I_R = 9 \times 0.9 = 8.1 \text{ W}$$

گام اول: قبل از بسته شدن کلید، مقاومت معادل قسمت مشخص شده را R' در نظر می‌گیریم. در این صورت جریان عبوری از باتری و اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر است با:



گام دوم: پس از بسته شدن کلید، مقاومت معادل R' اتصال کوتاه می‌شود و از مدار حذف می‌گردد. در این حالت ولتاژ دو سر باتری برابر است با:

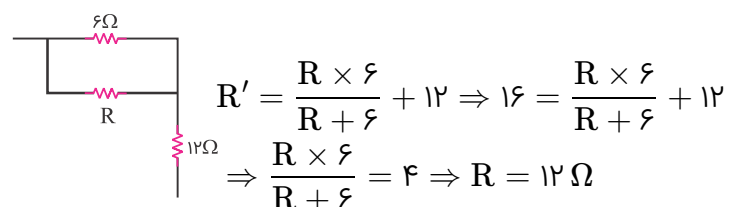


گام سوم: طبق گفته سوال، $\frac{V' - V}{V} \times 100 = -40$ است، پس:

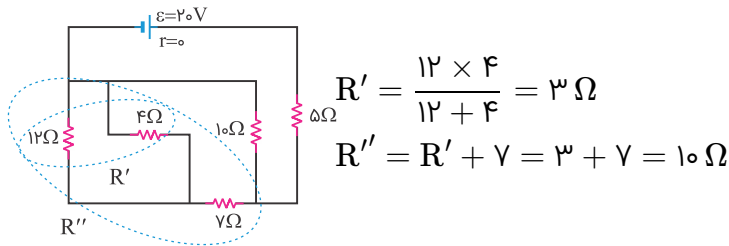
$$\frac{V' - V}{V} \times 100 = -40 \Rightarrow V' - V = 0.4V \Rightarrow V' = 0.6V$$

$$\Rightarrow 6 = 0.6(12 - \frac{12}{R' + 8} \times 4) \Rightarrow \frac{48}{R' + 8} = 2 \Rightarrow R' = 16\Omega$$

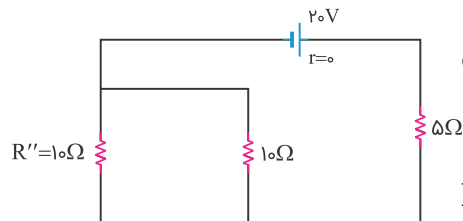
گام چهارم: حالا با استفاده از مقاومت معادل به دست آمده، مقاومت R را حساب می‌کنیم:



گام اول: ابتدا مدار را کمی ساده می‌کنیم. دو مقاومت $4\ \Omega$ و $12\ \Omega$ با هم موازی و معادل آن‌ها با $7\ \Omega$ سری است. پس:



شکل ساده‌شده مدار به صورت زیر است:

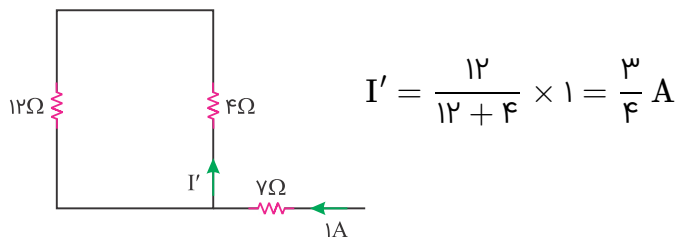


گام دوم: مقاومت معادل مدار و جریان عبوری از هر یک از مقاومت‌ها را تعیین می‌کنیم.

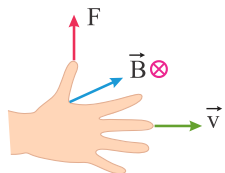
$$R_{eq} = \frac{R'' \times 10}{R'' + 10} + 5 = \frac{10 \times 10}{10 + 10} + 5 = 10\ \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{20}{10 + 0} = 2\ \text{A}$$

گام سوم: جریان $2\ \text{A}$ بین دو مقاومت R'' و $10\ \Omega$ تقسیم‌شده و از هر یک $1\ \text{A}$ عبور می‌کند. پس جریان عبوری از R'' که معادل $4\ \Omega$ ، $7\ \Omega$ و $12\ \Omega$ بود (به صورت شکل زیر) برابر $1\ \text{A}$ است. باتوجه به شکل جریان عبوری از $4\ \Omega$ برابر است با:



گام اول: ابتدا با استفاده از قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر ذره که همان جهت شتاب نیز می‌باشد را به دست می‌آوریم. پس جهت شتاب در جهت محور y است. (گزینه‌های ۲ و ۴ نادرست‌اند)



گام دوم: حال به سراغ اندازه نیرو و اندازه شتاب می‌رویم.

$$F = |q| v B \sin \theta \xrightarrow{F=ma} ma = |q| v B \sin \theta$$

$$\Rightarrow 1/7 \times 10^{-27} \times a = 1/6 \times 10^{-19} \times 10^6 \times 170 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow a = 1/6 \times 10^{10}\ \text{m/s}^2$$

بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط را از رابطه $\bar{\mathcal{E}} = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$ به دست می‌آوریم.

$$\bar{\mathcal{E}} = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \left| -1 \times \frac{A\Delta B \cos \theta}{\Delta t} \right| = \left| -1 \times \frac{6 \times 10^{-2} \times (-200 \times 10^{-4}) \times 1}{10^{-3}} \right|$$

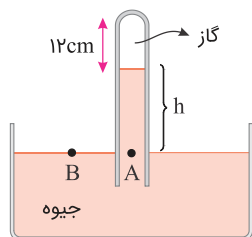
$$\Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = 1/2 \text{ V}$$

چون میدان مغناطیسی در حال کاهش است، شار مغناطیسی نیز در حال کاهش است. طبق قانون لنز، جهت جریان القایی به‌گونه‌ای است که با کاهش شار مخالفت کند. پس جریان القایی در جهتی است که میدان مغناطیسی القایی درون سویی ایجاد کند. طبق قاعده دست راست جهت جریان القایی باید ساعتگرد باشد.

فاصله دو خط متوالی در وسایل مدرج برحسب واحد آن وسیله برابر دقت اندازه‌گیری وسیله است. بنابراین دقت خط کش ۱ mm است.

طبق قضیه کار - انرژی جنبشی، تغییرات انرژی جنبشی برابر کار کل انجام‌شده روی جسم است. پس اگر تندی ثابت باشد، کار کل انجام‌شده روی جسم صفر است ((الف درست است)). یعنی $F_{\text{net}} d \cos \theta = 0$ است. طبق این رابطه ممکن است F_{net} یا d یا $\cos \theta$ برابر صفر باشد. پس برای مورد (پ) الزامی در کار نیست و ممکن است F_{net} مخالف صفر باشد. ((پ نادرست است)) انرژی جنبشی ثابت است اما در مورد تغییر انرژی پتانسیل نمی‌توان اظهارنظر کرد. پس مورد (ب) می‌تواند درست یا نادرست باشد. ((ب نادرست است))

ابتدا ارتفاع جیوه درون لوله قبل از تغییر آن را به دست می‌آوریم:

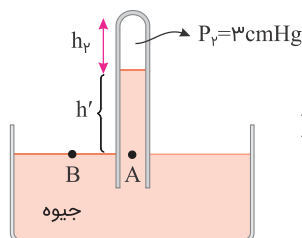


$$P_A = P_B \Rightarrow h + P_{\text{گاز}} = P_0 \Rightarrow h + 2 = 76 \Rightarrow h = 74 \text{ cmHg}$$

مشخصات گاز قبل از فروبردن لوله در جیوه برابر است با:

$$P_1 = 2 \text{ cmHg}, \quad V_1 = 12A, \quad T_1$$

با فروبردن لوله در ظرف، فشار گاز درون لوله به ۳ cmHg رسیده است. در این حالت ارتفاع جیوه درون لوله برابر است با:



$$P_A = P_B \Rightarrow h' + 3 = P_0 \Rightarrow h' + 3 = 76 \Rightarrow h' = 73 \text{ cmHg}$$

مشخصات گاز در این حالت را می‌نویسیم:

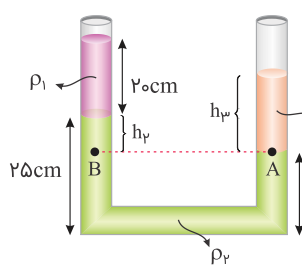
$$P_2 = 3 \text{ cmHg}, \quad V_2 = h_v \times A, \quad T_2 = T_1$$

حالا از تساوی $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ استفاده می‌کنیم:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{2 \times 12A}{T_1} = \frac{3 \times h_v A}{T_2} \Rightarrow h_v = 8 \text{ cm}$$

در حالت اول طول لوله بیرون از جیوه برابر $L_1 = 12 + 74 = 86 \text{ cm}$ و در حالت دوم برابر $L_2 = 8 + 73 = 81 \text{ cm}$ است. پس لوله ۵ cm درون جیوه فرو برده شده است.

نقاط A و B در یک مایع و در یک تراز قرار دارند، پس فشار این دو نقطه باهم برابر است. پس:



$$P_A = P_B \Rightarrow \frac{m_3 g}{A} = \rho_2 g h_2 + \rho_1 g h_1$$

$$\Rightarrow \frac{m_3 \times 10}{2 \times 10^{-4}} = 2400 \times 10 \times \frac{5}{100} + 800 \times 10 \times \frac{20}{100}$$

$$\Rightarrow 5 \times 10^4 \times m = 1200 + 1600 \Rightarrow m = \frac{2800}{5 \times 10^4} = 5/6 \times 10^{-2} \text{ kg} = 56 \text{ g}$$

چون α آلومینیم بیشتر از α فولاد است و طول اولیه آنها یکسان است با افزایش دمای یکسان دو میله، طول میله آلومینیمی بیشتر از میله فولادی افزایش می‌یابد. اختلاف تغییر طول دو میله را برابر $2/3 \text{ mm}$ قرار می‌دهیم.

$$\begin{aligned}\Delta L_{Al} - \Delta L_{Fe} &= L_{Al}\alpha_{Al}\Delta\theta_{Al} - L_{Fe}\alpha_{Fe}\Delta\theta_{Fe} \\ &= L_1(\alpha_{Al} - \alpha_{Fe})\Delta\theta = 4 \times 10^3 (\text{mm})(11/5 \times 10^{-6}) \times \Delta\theta \\ \Rightarrow 2/3 &= 4 \times 10^3 (11/5 \times 10^{-6}) \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 50^\circ\text{C}\end{aligned}$$