

گزینه ۳

۱

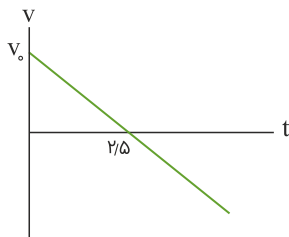
دو قطبی‌های مواد پارامغناطیسی به صورت کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند و میدان مغناطیسی خالص ایجاد نمی‌کنند، اما با قرار دادن مواد پارامغناطیسی در میدان مغناطیسی قوی، دوقطبی‌های مغناطیسی آنها به مقدار مختصری در راستای خط‌های میدان، منظم می‌شوند و با دور کردن آهنربا، دوقطبی آنها دوباره به صورت کاتوره‌ای سمت‌گیری می‌کنند.

گزینه ۳

۲

گام اول: طبق تقارنی که حرکت با شتاب ثابت نسبت به لحظه تغییر جهت دارد، اگر جابه‌جایی در یک بازه زمانی صفر باشد، سرعت در لحظه وسط آن بازه برابر با صفر است؛ بنابراین چون جابه‌جایی در ثانیه سوم حرکت صفر است، متحرک در لحظه $2/5$ s تغییر جهت داده است.

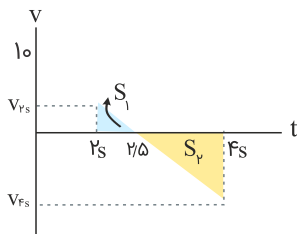
گام دوم: چون شتاب -4 m/s^2 است و متحرک در لحظه $t = 2/5$ s تغییر جهت داده است، نمودار سرعت زمان متحرک به صورت زیر خواهد بود:



باتوجه به $a = -4 \text{ m/s}^2$ ، v_0 برابر است با:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -4 = \frac{0 - v_0}{2/5 - 0} \Rightarrow v_0 = 10 \text{ m/s}$$

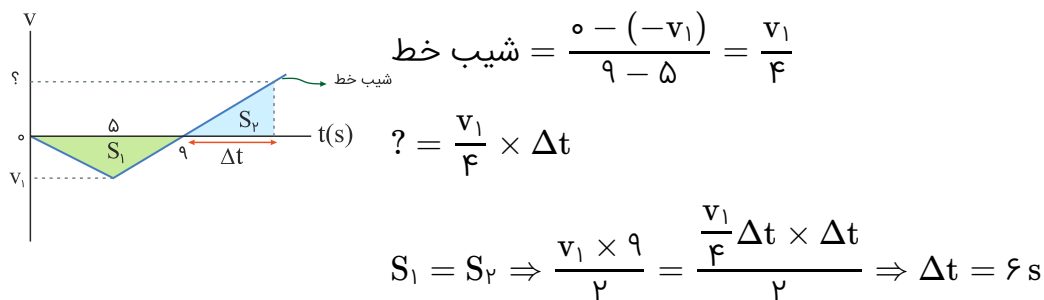
گام سوم: سرعت‌های متحرک در لحظات $t_1 = 2$ s و $t_2 = 4$ s را تعیین می‌کنیم و با استفاده از مساحت زیر نمودار، مسافت طی‌شده در بازه $(2 \text{ s}, 4 \text{ s})$ را به دست می‌آوریم.



$$v = at + v_0 = -4t + 10 \Rightarrow \begin{cases} v_{2s} = 2 \text{ m/s} \\ v_{4s} = -6 \text{ m/s} \end{cases}$$

$$L = S_1 + S_2 = \frac{2 \times 0/5}{2} + \frac{1/5 \times 6}{2} = 5 \text{ m}$$

چون متحرک از $x = 0$ شروع به حرکت کرده است و مجدداً می‌خواهد به $x = 0$ برسد، جابه‌جایی متحرک باید صفر باشد. جابه‌جایی در نمودار $(v - t)$ برابر با مجموع جبری مساحت‌های زیر نمودار $(v - t)$ است؛ بنابراین مساحت سطح پایین محور t باید با مساحت بالای محور t برابر باشد. اگر لحظهٔ برابری این دو مساحت را t در نظر بگیریم، داریم:



$$t = 9 + \Delta t = 9 + 6 = 15 \text{ s}$$

باتوجه‌به اینکه در بازهٔ $(4\text{s}, 12\text{s})$ ، جابه‌جایی دو متحرک باهم برابر است، سرعت متوسط این دو متحرک نیز باهم برابر است.

$$v_{av}(B) = v_A$$

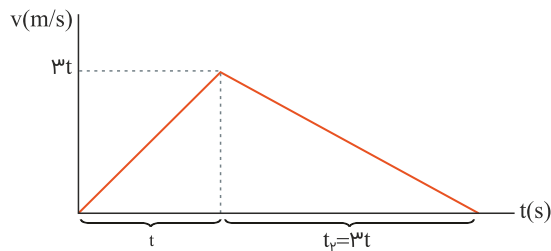
در حرکت شتاب ثابت سرعت متوسط بین دو لحظهٔ t_1 و t_2 با سرعت متوسط متحرک در وسط بازه یعنی لحظهٔ $\frac{t_1 + t_2}{2}$ برابر است.

$$\text{بنابراین در لحظهٔ } t = \frac{4 + 12}{2} = 8 \text{ s} \text{ سرعت متوسط B با سرعت A برابر است.}$$

گام اول: ابتدا نمودار سرعت زمان متحرک را رسم می‌کنیم. اگر مدت زمان حرکت متحرک با شتاب 3 m/s^2 برابر با t باشد، سرعت متحرک در انتهای حرکت با شتاب 3 m/s^2 ، طبق رابطه $v = at + v_0$ به $v = 3t + 0 = 3t$ می‌رسد. در مرحله دوم که حرکت با شتاب 1 m/s^2 کند می‌شود، متحرک پس از مدت Δt می‌ایستد که Δt از رابطه $v = at + v_0$ به دست می‌آید. توجه کنید که سرعت اولیه مرحله دوم، سرعت انتهای قسمت اول است و سرعت انتهای این قسمت برابر با صفر است؛ بنابراین مدت حرکت قسمت دوم حرکت برابر است با:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -1 \times t_p + 3t \Rightarrow t_p = 3t$$

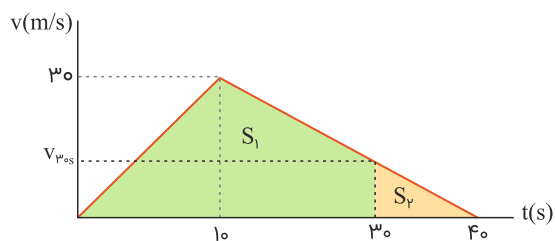
بنابراین نمودار سرعت زمان متحرک به صورت شکل زیر است:



گام دوم: مسافت طی شده توسط متحرک که همان مساحت سطح زیر نمودار است، برابر با 600 m است؛ بنابراین t برابر است با:

$$S = 600 \Rightarrow \frac{3t \times 4t}{2} = 600 \Rightarrow t = 10 \text{ s}$$

گام سوم: برای محاسبه مسافت طی شده در $(0, 30 \text{ s})$ کافی است، مساحت سطح زیر نمودار را در این بازه به دست بیاوریم؛ یعنی S_1 .



$$\text{در مرحله دوم: } a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow -1 = \frac{v_{30s} - 30}{30 - 10} \Rightarrow v_{30s} = 10 \text{ m/s}$$

$$S_1 = S_{\text{کل}} - S_3 = \frac{30 \times 40}{2} - \frac{10 \times 10}{2} = 550 \text{ m}$$

گام اول: ابتدا با استفاده از رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ ، تندی گلوله، هنگام برخورد به زمین را (v) به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 24/2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times v^2 \Rightarrow v^2 = 484 = 4 \times 121$$

$$\Rightarrow v = 2 \times 11 = 22 \text{ m/s}$$

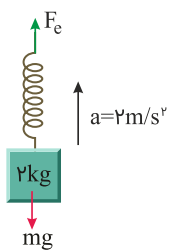
گام دوم: یک ثانیه قبل از برخورد به زمین تندی گلوله به اندازه $a = g = 10 \text{ m/s}^2$ کمتر از لحظه برخورد به زمین است و برابر است با:

$$v_1 = v - g = 22 - 10 = 12 \text{ m/s}$$

گام سوم: سرعت متوسط در ثانیه آخر برابر با میانگین سرعت‌های ابتدا و انتهای این بازه یعنی $\frac{v_1 + v}{2}$ است؛ پس:

$$v_{av} = \frac{v + v_1}{2} = \frac{22 + 12}{2} = 17 \text{ m/s}$$

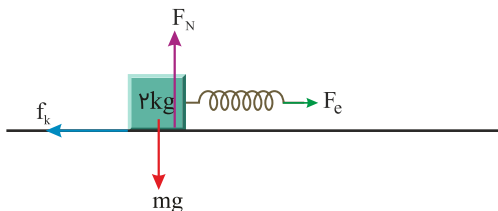
گام اول: در حالت اول باتوجه به قانون دوم نیوتون، ثابت فنر را به دست می‌آوریم:



$$F_e - mg = ma \Rightarrow k\Delta x - mg = ma$$

$$\Rightarrow k \times \left(\frac{42 - 30}{100} \right) - 20 = 2 \times 2 \Rightarrow k = 200 \text{ N/m}$$

گام دوم: قانون دوم نیوتون برای حالت جدید به صورت زیر است:



$$F_N = mg = 20 \text{ N}$$

$$F_e - f_k = ma \Rightarrow k\Delta x - \mu_k F_N = ma$$

$$\Rightarrow 200 \times \left(\frac{36 - 30}{100} \right) - \mu_k \times 20 = 2 \times 2 \Rightarrow \mu_k \times 20 = 8 \Rightarrow \mu_k = 0.4$$

گام اول: ابتدا با استفاده از نیروی وزن، جرم توپ را به دست می‌آوریم:

$$W = F/\lambda \Rightarrow mg = F/\lambda \Rightarrow m \times 10 = F/\lambda \Rightarrow m = 0.48 \text{ kg}$$

گام دوم: دو نیروی f_D و W در نقطهٔ اوج بر هم عمودند و برآیند آن‌ها در این نقطه برابر است با:

$$F_{\text{net}} = \sqrt{f_D^2 + W^2} = \sqrt{f_D^2 + F/\lambda^2}$$

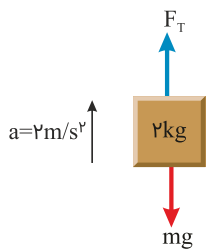
گام سوم: برآیند نیروها را طبق قانون دوم نیوتون برابر با ma قرار می‌دهیم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow \sqrt{f_D^2 + F/\lambda^2} = 0.48 \times \frac{65}{6} \Rightarrow \sqrt{f_D^2 + F/\lambda^2} = 5/2$$

$$f_D^2 = 5/2^2 - F/\lambda^2 = (5/2 - F/\lambda)(5/2 + F/\lambda) = 0.4 \times 10 = 4 \text{ N}$$

$$\Rightarrow f_D = 2 \text{ N}$$

گام اول: در حالت اول که وزنه را به بالا می‌کشیم، نیروی کشش طناب را به دست می‌آوریم:



$$F_T - mg = ma \Rightarrow F_T - 20 = 2 \times 2 \Rightarrow F_T = 24 \text{ N}$$

گام دوم: با دو برابر شدن نیروی کشش طناب، با استفاده از قانون دوم نیوتون، شتاب حرکت جسم را به دست می‌آوریم:



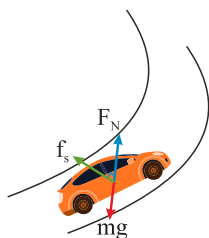
$$2F_T - mg = ma_2 \Rightarrow 2 \times 24 - 20 = 2 \times a_2 \Rightarrow a_2 = 14 \text{ m/s}^2$$

بنابراین شتاب در حالت جدید $\frac{a_2}{a_1} = \frac{14}{2} = 7$ برابر حالت اول است.

با استفاده از رابطه $k = \frac{P^2}{2m}$ به صورت نسبتی، نسبت خواسته شده را به دست می آوریم:

$$\frac{k_A}{k_B} = \left(\frac{P_A}{P_B}\right)^2 \times \left(\frac{m_B}{m_A}\right) = \left(\frac{4}{3}\right)^2 \times \left(\frac{5}{8}\right) = \frac{10}{9}$$

گام اول: بر اتومبیل که مسیر دایره‌ای را طی می‌کند، دو نیروی عمودی سطح (F_N) و نیروی اصطکاک ایستایی در عرض جاده (f_s) وارد می‌شود. (البته با توجه به صورت تست از نیروی اصطکاک در راستای حرکت صرف نظر شده است که بهتر بود به آن اشاره می‌شد) برآیند این دو نیرو همان نیرویی است که از طرف سطح بر خودرو وارد می‌شود.



$$F_N = mg = (3 \times 10^3) \times 10 = 3 \times 10^4$$

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_s^2} \Rightarrow 10^4 \times \sqrt{10} = \sqrt{9 \times 10^8 + f_s^2}$$

$$\Rightarrow 10^9 = 9 \times 10^8 + f_s^2 \Rightarrow f_s = 10^4 \text{ N}$$

f_s همان نیروی مرکزگرا است.

گام اول: انرژی مکانیکی نوسانگر که همان انرژی پتانسیل بیشینه نوسانگر است را از رابطه $E = \frac{1}{2}kx^2$ به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2} \times 500 \times (0.04)^2 = 0.4 \text{ J}$$

گام دوم: طبق پایستگی انرژی، انرژی جنبشی نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر که $U = 0.2 \text{ J}$ است را به دست می‌آوریم:

$$E = U + K \Rightarrow 0.4 = 0.2 + K \Rightarrow K = 0.2 \text{ J}$$

گام سوم: با استفاده از رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ ، تندی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 0.2 = \frac{1}{2} \times 1 \times v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{10}} = \frac{2\sqrt{10}}{10} \text{ m/s}$$

تست، تندی را برحسب سانتی‌متر بر ثانیه خواسته است که برابر است با:

$$v = \frac{2\sqrt{10}}{10} \text{ m/s} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 20\sqrt{10} \text{ cm/s}$$

گام اول: برای هر دو حالت رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ را به صورت نسبتی استفاده می‌کنیم تا m به دست بیاید.

$$\begin{aligned} \frac{T_2}{T_1} &= \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \times \frac{k_1}{k_2}} \\ \Rightarrow \frac{0.09\pi}{0.1\pi} &= \sqrt{\frac{m - 190}{m} \times 1} \Rightarrow \frac{9}{10} = \sqrt{\frac{m - 190}{m}} \\ \Rightarrow \frac{81}{100} &= \frac{m - 190}{m} \Rightarrow m = 1000 \text{ g} \end{aligned}$$

گام دوم: رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ را برای حالت اول می‌نویسیم تا k به دست بیاید.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow 0.1\pi = 2\pi\sqrt{\frac{1}{k}} \Rightarrow \sqrt{k} = 20 \Rightarrow k = 400 \text{ N/m}$$

k را به N/cm تبدیل می‌کنیم:

$$k = 400 \text{ N/m} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 4 \text{ N/cm}$$

گام اول: با استفاده از رابطه $T = \frac{t}{n}$ ، دوره نوسان آونگ را قبل از تغییر طول به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ، طول اولیه آونگ را به دست می‌آوریم:

$$T_1 = \frac{t}{n_1} = \frac{72}{40} = 1/8 \text{ s}$$

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} \Rightarrow 1/8 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{\pi^2}} \Rightarrow l_1 = 0/81 \text{ m} = 81 \text{ cm}$$

گام دوم: گام اول را برای آونگ پس از تغییر طول می‌نویسیم تا طول ثانویه آونگ به دست بیاید.

$$T_2 = \frac{t}{n_2} = \frac{72}{46} = 1/6 \text{ s}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} \Rightarrow 1/6 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{\pi^2}} \Rightarrow l_2 = 0/64 \text{ m} = 64 \text{ cm}$$

گام سوم: باتوجه به نتایج به دست آمده، طول آونگ را باید ۱۷ cm کاهش دهیم.

گام اول: ابتدا با استفاده از رابطه $\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$ ، نسبت شدت صوت‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 18 = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 1/8 = \log \frac{I_1}{I_2}$$

$$6 \times 0/3 = \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 6 \log 2 = \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \log 2^6 = \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 2^6$$

توجه کنید که چون $\beta_1 > \beta_2$ بود، از $\beta_1 - \beta_2$ برای محاسبات استفاده کردیم.

گام دوم: با استفاده از رابطه $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$ ، نسبت $\frac{d_2}{d_1}$ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \Rightarrow 2^6 = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \Rightarrow 2^3 = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = 8$$

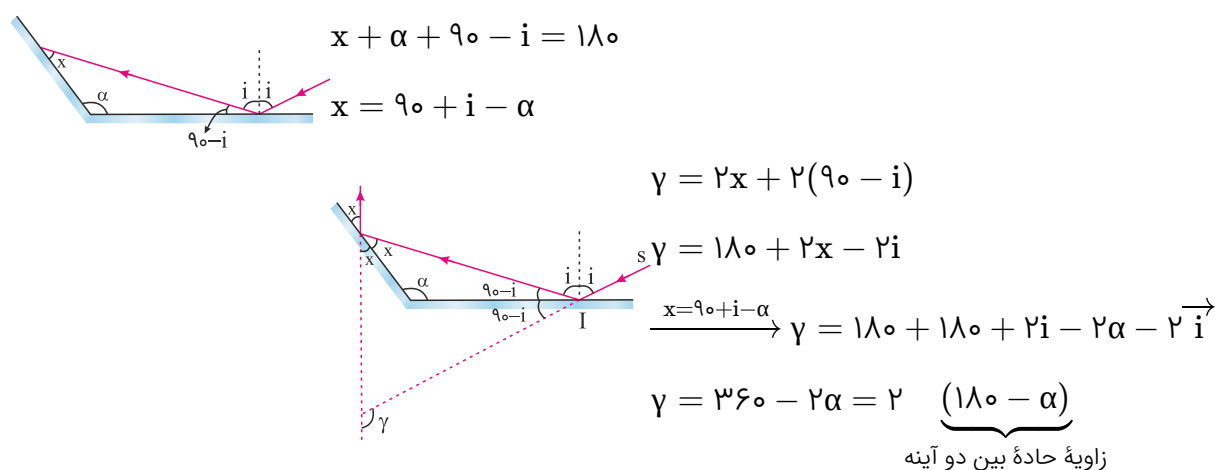
گام اول: باتوجه به نمودار، طول موج را به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از رابطه $\lambda = V \cdot T$ ، دوره نوسان موج که همان دوره نوسان ذرات است را به دست می‌آوریم.

$$\frac{3}{2}\lambda = 120 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

$$\lambda = V \cdot T \Rightarrow 0.8 = 10 \times T \Rightarrow T = 0.08 \text{ s}$$

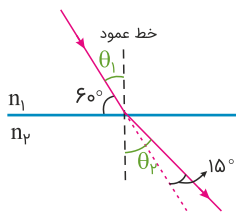
گام دوم: مدت زمان $\Delta t = 0.05 - 0.01 = 0.04 \text{ s}$ برابر با نصف دوره نوسان است و هر ذره از محیط که در آن موج منتشر شده است در این مدت مسافتی به اندازه ۲ برابر دامنه نوسان را طی می‌کند؛ پس مسافت طی شده توسط ذره M نیز در این مدت برابر با $l = 2A = 2 \times 3 = 6 \text{ cm}$ است.

زاویه γ همان زاویه انحراف است. زاویه انحراف در دو آینه متقاطع، پس از یکبار بازتاب از هر آینه به زاویه تابش بستگی ندارد و ۲ برابر زاویه حاده بین دو آینه است. پس در اینجا با تغییر زاویه α ، زاویه γ تغییر نمی‌کند. اثبات:



همان‌طور که در بالا می‌بینیم، اثری از زاویه α در مقدار به دست آمده در γ وجود ندارد.

در شکست یک پرتو رابطه $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$ برقرار است که در این رابطه، θ زاویه پرتوها با خط عمود است.



$$\begin{cases} \theta_1 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ \\ \theta_2 = \theta_1 + 15^\circ = 45^\circ \end{cases}$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

در یک تار دو سر بسته که در آن موج ایستاده تشکیل شده است، اختلاف هر دو بسامد متوالی تار برابر با بسامد اصلی (f_1) است؛ بنابراین $f_1 = 500 - 375 = 125 \text{ Hz}$ است. طبق همین نکته، بسامد تشدید پس از 750 Hz برابر است با:

$$f = 750 + f_1 = 750 + 125 = 875 \text{ Hz}$$

گام اول: پنجمین خط طیف اتم هیدروژن در رشته بالمر ($n' = 2$) در گذار الکترون از $n = n' + 5 = 7$ به $n' = 2$ رخ می‌دهد. طبق رابطه $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2})$ ، طول موج این خط برابر است با:

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{11}{1000}(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{7^2})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{11}{1000}(\frac{45}{49 \times 4}) \Rightarrow \lambda \simeq 396 \text{ nm}$$

گام دوم: طول موج خطوط چهارم، پنجم و ... در رشته بالمر در ناحیه فرابنفش قرار دارند.

گام اول: طبق رابطه $K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - W_0$ ، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها را به دست می‌آوریم:

$$K_{\max(A)} = \frac{hc}{\lambda} - W_{0(A)} = \frac{12 \times 10^{-7}}{150 \times 10^{-9}} - 4/5 = 3/5 \text{ eV}$$

$$K_{\max(B)} = \frac{hc}{\lambda} - W_{0(B)} = \frac{12 \times 10^{-7}}{150 \times 10^{-9}} - 3 = 5 \text{ eV}$$

گام دوم: درصد اختلاف بیشینه انرژی جنبشی‌های به دست آمده برابر است با:

$$\frac{K_{\max(A)} - K_{\max(B)}}{K_{\max(B)}} \times 100 = \frac{3/5 - 5}{5} \times 100 = -\%30$$

گام اول: با استفاده از رابطه $E = k \frac{|q|}{r^2}$ ، بزرگی میدان الکتریکی در فاصله‌های 30 cm و 10 cm از بار را به دست می‌آوریم و اختلاف آن‌ها را برابر با $1/6 \times 10^6 \text{ N/C}$ قرار می‌دهیم؛ بنابراین:

$$E_2 - E_1 = 1/6 \times 10^6$$

$$\Rightarrow \frac{k|q|}{(0/1)^2} - \frac{k|q|}{(0/3)^2} = 1/6 \times 10^6 \Rightarrow k|q| = 180$$

گام دوم: حالا می‌توانیم میدان الکتریکی بار را در فاصله ۱ متری آن به دست بیاوریم:

$$E = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{180}{1^2} = 180 \text{ N/C}$$

گام اول: چون برآیند نیروهای وارد بر بار q_1 صفر است، نیرویی که از طرف بارهای q_2 و q_3 به آن وارد می‌شود، باید خلاف جهت یکدیگر و باهم هم‌اندازه باشد؛ بنابراین q_2 و q_3 ناهمنام‌اند. (رد گزینه‌های ۱ و ۳)

گام دوم: برآیند نیروهای وارد بر q_3 صفر است؛ یعنی نیرویی که دو بار q_1 و q_2 به بار q_3 وارد می‌کنند، هم‌اندازه هستند؛ پس:

$$F_{13} = F_{23} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_3|}{(r+x)^2} = k \frac{|q_2||q_3|}{x^2}$$

$$\xrightarrow{|q_1| = \frac{9}{4}|q_2|} \frac{\frac{9}{4}|q_2|}{(r+x)^2} = \frac{|q_2|}{x^2} \xrightarrow{\text{جذر می‌گیریم}} \frac{\frac{3}{2}}{r+x} = \frac{1}{x}$$

$$\Rightarrow r+x = \frac{3}{2}x \Rightarrow r = \frac{1}{2}x \Rightarrow \frac{x}{r} = 2$$

پس مشخص است که گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

اما نسبت $\frac{q_3}{q_2}$ را هم قابل محاسبه است. باتوجه به اینکه برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 صفر است داریم:

$$F_{12} = F_{32} \Rightarrow k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = k \frac{|q_3||q_2|}{x^2}$$

$$\xrightarrow{|q_1| = \frac{9}{4}|q_2|} \frac{\frac{9}{4}|q_2|}{(\frac{1}{2}x)^2} = \frac{|q_3|}{x^2} \Rightarrow 9|q_2| = |q_3| \xrightarrow{\text{ناهمنام‌اند}} q_3 = -9q_2$$

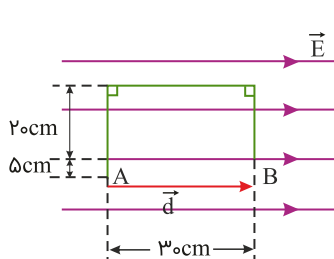
گام اول: اندازه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی E از رابطه $|\Delta U| = E|q|d$ به دست می‌آید که در این رابطه، d اندازه جابه‌جایی ذره در راستای میدان است؛ بنابراین اندازه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار برابر است با:

$$|\vec{d}| = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$|\Delta U| = E|q|d = 10^5 \times 5 \times 10^{-6} \times 0.3 = 0.15 \text{ J}$$

گام دوم: با جابه‌جایی بار منفی در جهت میدان، انرژی پتانسیل الکتریکی آن افزایش می‌یابد؛ بنابراین $\Delta U = +0.15 \text{ J}$ است.

توجه کنید: سایر فاصله‌های داده‌شده روی شکل اضافه است و نیازی به هیچ‌کدام از آن‌ها نیست.



گام اول: بار اولیه خازن را برحسب میکروکولن Q_1 در نظر می‌گیریم. با انتقال بار $6 \mu C$ از صفحه منفی به صفحه مثبت بار خازن به $Q_2 = Q_1 - 6$ می‌رسد.

گام دوم: انرژی خازن در هر دو حالت را برحسب Q و C به دست می‌آوریم و اختلاف این دو انرژی را برابر با $28/5 \mu J$ قرار می‌دهیم؛ بنابراین:

$$\begin{cases} U_1 = \frac{Q_1^2}{2C} = \frac{Q_1^2}{2 \times 12} = \frac{Q_1^2}{24} (\mu J) \\ U_2 = \frac{Q_2^2}{2C} = \frac{(Q_1 - 6)^2}{24} = \frac{(Q_1 - 6)^2}{24} (\mu J) \end{cases}$$

$$\Rightarrow U_1 - U_2 = 28/5 \Rightarrow \frac{Q_1^2}{24} - \frac{(Q_1 - 6)^2}{24} = 28/5$$

$$\frac{Q_1^2 - (Q_1^2 - 12Q_1 + 36)}{24} = 28/5 \mu J$$

$$\Rightarrow \frac{12Q_1 - 36}{24} = 28/5 \Rightarrow \frac{12(Q_1 - 3)}{24} = 28/5$$

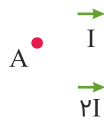
$$\Rightarrow \frac{Q_1 - 3}{2} = 28/5 \Rightarrow Q_1 = 60 \mu C$$

گام سوم: حالا از رابطه $C = \frac{Q}{V}$ مقدار V_1 را به دست می‌آوریم:

$$C = \frac{Q_1}{V_1} \Rightarrow 12 = \frac{60}{V_1} \Rightarrow V_1 = 5V$$

توجه کنید: در رابطه $U = \frac{Q^2}{2C}$ ، اگر Q و C را به ترتیب برحسب μC و μF قرار دهیم، U برحسب میکروژول به دست می‌آید.

گام اول: جریان عبوری از مقاومت $1/10 \Omega$ در نظر می‌گیریم. چون دو مقاومت 10Ω و 5Ω موازی‌اند، نسبت جریان عبوری از آنها به نسبت عکس مقاومت آنها است؛ پس جریان عبوری از مقاومت 5Ω برابر با $2I$ خواهد بود. باتوجه به گره A در مدار داریم:



$$I = I + 1/6 + 2I \Rightarrow \begin{cases} I_{10\Omega} = I = 0.8 \text{ A} \\ I_{5\Omega} = 2I = 1.6 \text{ A} \end{cases}$$

گام دوم: چون جریان عبوری از مقاومت 5Ω با جریان عبوری از مقاومت R برابر است، مقدار مقاومت‌هایشان نیز برابر است.

پس $R = 5 \Omega$ است. حالا طبق رابطه $U = RI^2 t$ انرژی الکتریکی مقاومت R در مدت ۲۵ دقیقه را به دست می‌آوریم:

$$U = RI^2 t = 5 \times (1/6)^2 \times (25 \times 60) = 19200 \text{ J} = 19/2 \text{ kJ}$$

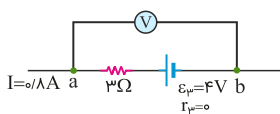
گام اول: چون در شاخه وسط، نقاط ab به هم اتصال ندارند، هیچ جریانی از این شاخه عبور نمی‌کند و آن را مدار حذف می‌کنیم:

گام دوم: جریان مدار را با استفاده از رابطه $I = \frac{\varepsilon_T}{R_{eq} + r_1 + r_2}$ به دست می‌آوریم. باتوجه به جهت ε_1 و ε_3 مدار ساده شده $\varepsilon_T = \varepsilon_1 - \varepsilon_3$ است و جریان مدار برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon_T}{R_{eq} + r_1 + r_2} = \frac{16 - 4}{4 + 3 + 6 + 2 + 0} = \frac{12}{15} = 0.8 \text{ A}$$

جهت جریان به صورت پادساعتگرد در مدار است.

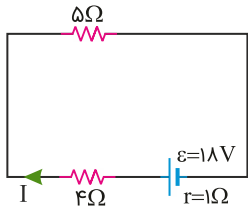
گام سوم: از یک سر ولت‌سنج شروع به حرکت درون مدار می‌کنیم تا به سر دیگر آن برسیم. اختلاف پتانسیل به دست آمده بین دو سر ولت‌سنج همان عدد ولت‌سنج است.



$$V_a - 3I - \varepsilon_3 = V_b \Rightarrow V_a - 2.4 - 4 = V_b$$

$$\Rightarrow V_a - V_b = 6.4 \text{ V} \Rightarrow \text{عدد ولت‌سنج} = V = 6.4 \text{ V}$$

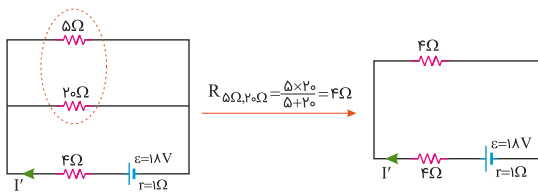
گام اول: قبل از بستن کلید، جریان مدار و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $5\ \Omega$ را به دست می‌آوریم. در این حالت مقاومت $20\ \Omega$ در مدار قرار نمی‌گیرد.



$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{18}{5 + 4 + 1} = 1/8\text{ A}$$

$$V_{5\Omega} = RI = 5 \times 1/8 = 9\text{ V}$$

گام دوم: با بستن کلید، مقاومت $20\ \Omega$ به مدار اضافه می‌شود. در این حالت جریان عبوری از باتری برابر است با:



$$R'_{eq} = \frac{5 \times 20}{5 + 20} + 4 = 8\ \Omega$$

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{18}{8 + 1} = 2\text{ A}$$

گام سوم:

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $5\ \Omega$ اهمی برابر با اختلاف پتانسیل شاخه پایینی است:

$$V'_{5\Omega} = \varepsilon - I'r - I'R_{4\Omega} = 18 - 2 \times 1 + 2 \times 4 = 8\text{ V}$$

یا از روش دیگر (طبق ویژگی مقاومت‌های موازی):

$$V'_{5\Omega} = V_{20\Omega} = V_{5\Omega, 20\Omega} = I'R_{5\Omega, 20\Omega} = 2 \times 4 = 8\text{ V}$$

به این ترتیب اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $5\ \Omega$ به اندازه $8 - 9 = -1\text{ V}$ تغییر کرده است؛ یعنی مقدار اختلاف پتانسیل دو سر این مقاومت ۱ ولت کاهش یافته است.

گام اول: چون $\frac{1}{4}$ سیم را نگه داشته‌ایم، حجم سیم باقی‌مانده با هر تغییری در ابعاد، $\frac{1}{4}$ حجم سیم اولیه خواهد بود. طبق گفته تست درنهایت طول سیم باقی‌مانده برابر با طول سیم اولیه است و می‌دانیم که حجم آن $\frac{1}{4}$ حجم سیم اولیه است؛ بنابراین نسبت سطح مقطع سیم پس از دو تغییر متوالی به سطح مقطع اولیه سیم برابر است با:

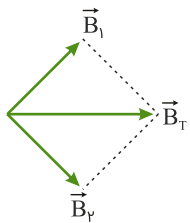
$$V_2 = \frac{1}{4} V_1 \Rightarrow A_2 L_2 = \frac{1}{4} A_1 L_1 \xrightarrow{L_1=L_2} A_2 = \frac{1}{4} A_1$$

گام دوم: حالا با استفاده از رابطه $R = \rho \frac{L}{A}$ به صورت نسبتی، مقاومت سیم پس از دو تغییر را به دست می‌آوریم:

$$\frac{R_2}{R} = \frac{\rho_2}{\rho} \times \frac{L_2}{L} \times \frac{A}{A_2} \Rightarrow \frac{R_2}{6} = 1 \times 1 \times \frac{4}{1} \Rightarrow R_2 = 24 \Omega$$

توجه کنید که رابطه را به صورت مستقیم بین مقاومت اولیه و مقاومت نهایی سیم نوشته‌ایم.

ابتدا با استفاده از قاعده دست راست، جهت میدان هریک از سیم‌ها را در نقطه M تعیین می‌کنیم و سپس برآیند آن‌ها را رسم می‌کنیم. باتوجه به شکل زیر بردار میدان مغناطیسی برآیند در نقطه M در جهت محور x است.



LDR مقاومت نوری است که مقاومت آن به نور تابیده شده بستگی دارد، به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می‌شود.

شار مغناطیسی از رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ به دست می‌آید که در این رابطه، θ زاویه نیم‌خط عمود بر سطح با خطوط میدان است. در صورت سؤال زاویه خطوط میدان با سطح حلقه داده شده است که متمم زاویه θ است؛ پس θ و در نتیجه شار مغناطیسی برابر است با:

$$\theta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

$$\Phi = BA \cos \theta = (4 \times 10^{-3}) \times (200 \times 10^{-4}) \times \cos 30^\circ$$

$$\Rightarrow \Phi = 8 \times 10^{-5} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

گام اول: زمان داده شده روی نمودار برابر با $\frac{\omega T}{4}$ است. پس T برابر است با:

$$\frac{\omega T}{4} = \frac{1}{320} \Rightarrow T = \frac{1}{400} \text{ s}$$

گام دوم: معادله جریان متناوب را با استفاده از $I = I_m \sin(\frac{2\pi}{T}t)$ می‌نویسیم:

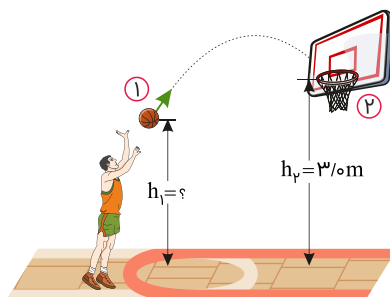
$$I = \omega \sqrt{2} \sin(\frac{2\pi}{1}t) = \omega \sqrt{2} \sin(400\pi t)$$

گام سوم: در معادله به جای t ، لحظه $\frac{1}{3200} \text{ s}$ را قرار می‌دهیم:

$$I = \omega \sqrt{2} \sin(400\pi t) = \omega \sqrt{2} \sin(400\pi \times \frac{1}{3200})$$

$$\Rightarrow I = \omega \sqrt{2} \sin(\frac{\pi}{8}) = \omega \sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \omega A$$

چون مقاومت هوا ناچیز است و اتلاف انرژی نداریم، انرژی مکانیکی توپ پایسته است. بین لحظه‌ها شدن توپ از دست ورزشکار و لحظه ورود توپ به سبد، پایستگی انرژی را می‌نویسیم. (سطح مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را زمین در نظر می‌گیریم)



$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2$$

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\Rightarrow 10h_1 + \frac{1}{2}(6)^2 = 10(3) + \frac{1}{2}(5)^2 \Rightarrow h_1 = 2.45 \text{ m}$$

گام اول: با استفاده از قضیه کار-انرژی جنبشی، کار پمپ را به دست می‌آوریم:

$$W_{\text{پمپ}} + W_{\text{mg}} = K_2 - K_1 \xrightarrow{K_2=K_1} W_{\text{پمپ}} = -W_{\text{mg}}$$

$$W_{\text{پمپ}} = -(-mg\Delta h) = +(\rho V g \Delta h)$$

$$\Rightarrow W_{\text{پمپ}} = +(10^3 \times 3 \times 10 \times 24) = 7/2 \times 10^5 \text{ J}$$

گام دوم: توان مفید پمپ را به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{مفید}} = \frac{W_{\text{پمپ}}}{\Delta t} = \frac{7/2 \times 10^5}{60} = 1/2 \times 10^4 \text{ W} = 12 \text{ kW}$$

گام سوم: بازده پمپ برابر است با:

$$Ra = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}} \times 100 = \frac{12}{20} \times 100 = 60\%$$

با دمیدن در بالای نی قائم، تندی هوا در بالای نی، افزایش می‌یابد. طبق اصل برنولی فشار هوای بالای نی کاهش می‌یابد؛ بنابراین آب درون نی شروع به بالا رفتن می‌کند و سطح آب داخل نی بالا می‌آید.

گام اول: ابتدا فشار هوا را برحسب پاسکال به دست می‌آوریم.

$$P_0 = \rho gh = 13600 \times 10 \times \frac{76}{100} = 103360 \text{ Pa}$$

گام دوم: فشار جیوه و آب را با استفاده از رابطه $P = \frac{mg}{A}$ به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{آب}} = \frac{mg}{A} = \frac{136 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{-4}} = 2720 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{جیوه}} = \frac{mg}{A} = \frac{136 \times 10^{-3} \times 10}{5 \times 10^{-4}} = 2720 \text{ Pa}$$

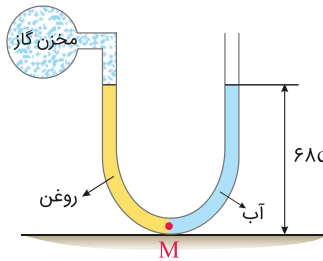
گام سوم: فشار در ته ظرف برابر با مجموع فشارهای هوا، آب و جیوه است و برابر است با:

$$P_{\text{ته ظرف}} = P_0 + P_{\text{آب}} + P_{\text{جیوه}} = 103360 + 2720 + 2720$$

$$\Rightarrow P_{\text{ته ظرف}} = 108800 \text{ Pa}$$

توجه کنید: بدون محاسبات نیز می‌توانستیم پاسخ صحیح را در گزینه‌ها پیدا کنیم. می‌دانیم که فشار هوا تقریباً 100000 Pa است، بنابراین فشار ته ظرف باید از این عدد بیشتر باشد، زیرا به فشار هوا، فشار آب و فشار جیوه نیز اضافه می‌شود. تنها گزینه‌ای که از 100000 Pa بیشتر است، گزینه ۴ است.

گام اول: فشار در مرز مشترک آب و روغن باهم برابر است. باتوجه به برابری فشار در دو طرف لوله، رابطه تساوی فشار را می‌نویسیم.



$$P_{\text{گاز}} + \rho_{\text{روغن}}gh = P_0 + \rho_{\text{آب}}gh$$

$$P_{\text{گاز}} + 800 \times 10 \times \frac{68}{100} = P_0 + 1000 \times 10 \times \frac{68}{100}$$

$$P_g = P_{\text{گاز}} - P_0 = 200 \times 10 \times \frac{68}{100} = 1360 \text{ Pa}$$

گام دوم: فشار پیمانه‌ای به دست آمده را به پاسکال تبدیل می‌کنیم:

$$P_g = 1360 \text{ Pa} = \rho_{\text{جیوه}}gh_{\text{جیوه}} \Rightarrow 1360 = 13600 \times 10 \times h_{\text{جیوه}}$$

$$h_{\text{جیوه}} = 0.01 \text{ mHg} = 10 \text{ mmHg}$$

$$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A c_A \Delta\theta_A = m_B c_B \Delta\theta_B \Rightarrow c_A \Delta\theta_A = c_B \Delta\theta_B$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\rho} c_B \Delta\theta_A = c_B \Delta\theta_B \Rightarrow \frac{1}{\rho} \Delta\theta_A = \Delta\theta_B$$

$$\begin{cases} \Delta V = V(\gamma\alpha)\Delta\theta \\ V_B = 4V_A \\ \alpha_A = \frac{1}{\rho}\alpha_B \\ \frac{1}{\rho}\Delta\theta_A = \Delta\theta_B \end{cases} \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A(\gamma\alpha_A)\Delta\theta_A}{V_B(\gamma\alpha_B)\Delta\theta_B} \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{V_A\gamma(\frac{1}{\rho}\alpha_B)\Delta\theta_A}{(4V_A)\gamma\alpha_B(\frac{1}{\rho}\Delta\theta_A)} \Rightarrow \frac{\Delta V_A}{\Delta V_B} = \frac{1}{4}$$

جرم آب را m در نظر می‌گیریم. چون درنهایت 52°C گرم آب داریم، جرم یخ ذوب شده $520 - m$ خواهد بود. گرمایی که آب از دست می‌دهد، توسط $(520 - m)$ گرم یخ جذب شده است تا آن را ذوب کند؛ بنابراین:

$$Q_{\text{آب}} + Q_{\text{یخ ذوب شده}} = 0$$

$$\Rightarrow mc_{\text{آب}}(\theta_e - \theta_1) + (520 - m)L_F = 0$$

$$\Rightarrow m \times 4200 \times (0 - 50) + (520 - m) \times 336000 = 0$$

$$-50m + 80(520 - m) = 0 \Rightarrow -50m + 41600 - 80m = 0$$

$$\Rightarrow 13m = 4160 \Rightarrow m = 320 \text{ g}$$

گام اول: ابتدا حجم ثانویه گاز را در تغییر اول به دست می‌آوریم.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{2}{273 + 47} = \frac{V_2}{273 + 47 + 40} \Rightarrow V_2 = 2/25 \text{ L}$$

گام دوم: برای تغییر دوم نیز رابطه بالا را می‌نویسیم اما این بار دما ثابت است:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \Rightarrow 2 \times 10^5 \times \cancel{V_2} = P_3 \times 0/8 \cancel{V_2} \Rightarrow P_3 = 2/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

توجه کنید: می‌توانستیم بدون محاسبه V_2 نیز بین حالت دوم و سوم رابطه را بنویسیم:

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \xrightarrow{T_2=T_3, P_2=P_1} 2 \times 10^5 V_2 = P_3 \times 0/8 V_2 \Rightarrow P_3 = 2/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

فرآیند AB یک فرآیند هم‌فشار است که در آن حجم کاهش یافته است (رد گزینه ۱). فرآیند BC یک فرآیند هم‌دما است که نمودار آن در صفحه $P - V$ به صورت یک منحنی است (رد گزینه ۴). کافی است فشار در نقطه C را به دست بیاوریم تا به گزینه صحیح برسیم:

$$P_C V_C = nRT_C \Rightarrow P_C \times 8 \times 10^{-3} = 0/4 \times 8 \times 250 \Rightarrow P_C = 10^5 \text{ Pa}$$

بنابراین گزینه ۳ درست است.

گام اول: تعداد مول خارج‌شده از گاز برابر با اختلاف تعداد مول اولیه درون مخزن و تعداد مول باقی‌مانده درون مخزن پس از باز کردن شیر مخزن است؛ پس:

$$n_{\text{خارج‌شده}} = n_{\text{باقی‌مانده}} - n_{\text{اولیه}}$$

$$n_{\text{خارج‌شده}} = \frac{P_1 V_1}{RT_1} - \frac{P_2 V_2}{RT_2} = \frac{5 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{8 \times (273 + 27)} - \frac{2/9 \times 10^5 \times 30 \times 10^{-3}}{8 \times (273 + 17)} = \frac{25}{4} - \frac{15}{4} = 2/5 \text{ mol}$$

گام دوم: طبق رابطه $n = \frac{m}{M}$ ، جرم گاز خارج‌شده برابر است با:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow 2/5 = \frac{m}{32} \Rightarrow m = 80 \text{ g}$$