

گزینه ۱

۱

با استفاده از روش تبدیل زنجیره‌ای می‌توان نوشت:

$$216 \text{ km/h} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ mile}}{1800 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 2 \text{ mile/min}$$

گزینه ۲

۲

برای محاسبه درصد تغییرات حجم می‌توان نوشت:

$$\frac{\Delta V}{V_1} \times 100 = \frac{V_1 (\alpha \Delta T)}{V_1} \times 100 = 3 \times 3 \times 10^{-5} \times 200 = 0.18\%$$

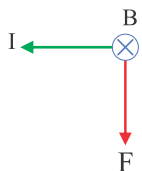
گزینه ۴

۳

با استفاده از رابطه محاسبه نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی داریم:

$$F = I \ell B \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} F = 2/5 \times 2/4 \times 0/5 \times 10^{-4} \times 1 \Rightarrow F = 3 \times 10^{-4} \text{ N}$$

باتوجه به قاعده دست راست، نیروی وارد بر سیم رو به پایین است.



گزینه ۳

۴

باتوجه به واپاشی انجام‌شده می‌توان نوشت:

$${}_{53}^{124}\text{I} \rightarrow {}_{52}^{124}\text{I} + {}_Z^AX \Rightarrow \begin{cases} A = 0 \\ Z = 1 \end{cases} \Rightarrow {}_+^0X = {}_+^0\beta = \text{پوزیترون}$$

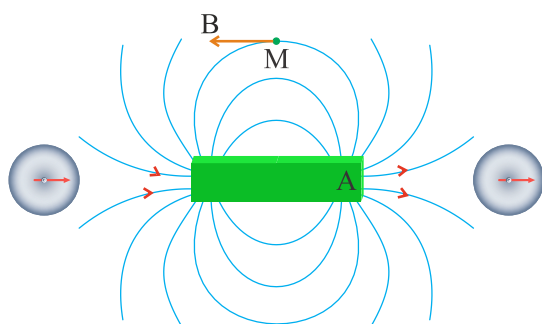
با استفاده از رابطه محاسبه تندی در تار مرتعش برحسب چگالی و سطح مقطع آن خواهیم داشت (توجه: مقادیر باید بر حسب SI جایگذاری شوند):

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \Rightarrow 25 = \sqrt{\frac{F}{8 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-6}}} \Rightarrow F = 10 \text{ N}$$

باتوجه به رابطه بین تعداد دورها و اختلاف پتانسیل داریم:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{900}{50} = \frac{V_2}{240} \Rightarrow V_2 = 4320$$

با توجه به جهت عقربه قطب نمای سمت راست متوجه می‌شویم خطوط میدان از قطب A آهنربا خارج شده است بنابراین قطب A همان قطب N آهنربا است. ازطرفی برای تعیین جهت میدان در یک نقطه کافی است مماسی را در آن نقطه بر خط میدان رسم کنیم. بنابراین جهت میدان در نقطه M به سمت چپ است.



با استفاده از رابطه بین بسامدهای تار با دو انتهای بسته می‌توان نوشت:

$$f_4 - f_2 = 2f_1 \Rightarrow f_1 = 80 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3f_1 = 240 \text{ Hz}$$

در این صورت اختلاف بسامدهای خواسته شده برابر است با:

$$f_3 - f_1 = 240 - 80 = 160 \text{ Hz}$$

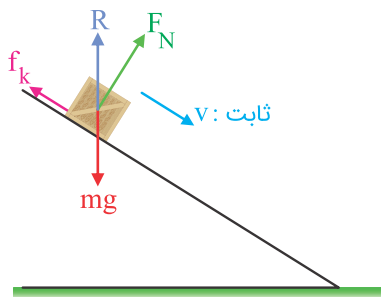
روش دوم: باتوجه به بسامدهای داده شده می‌توان نوشت:

$$f_3 - f_1 = f_4 - f_2 = 320 - 160 = 160 \text{ Hz}$$

با استفاده از معادلهٔ جریان متناوب می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{aligned} I &= I_m \sin \omega t \\ \omega &= \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{2}{100}} = 100\pi \text{ rad/s} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I = 2 \sin 100\pi t$$

حرکت جسم بر روی سطح شیب‌دار با تندی ثابت است. در این صورت تغییر انرژی جنبشی آن صفر است بنابراین می‌توان نوشت:



$$\left. \begin{aligned} W_t &= \Delta K \\ \Delta K &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow W_t = 0 \Rightarrow W_{mg} + W_{f_k} + W_{F_N} = 0 \xrightarrow{W_{F_N}=0} W_{f_k} = -W_{mg}$$

کار نیروی عمودی سطح صفر است اما کار نیروی واکنش سطح (R) غیر صفر می‌باشد. چون نیروی اصطکاک کار انجام داده است، انرژی مکانیکی جسم کاهش پیدا می‌کند زیرا $E_2 - E_1 = W_f$ است.

باتوجه به رابطهٔ محاسبهٔ کار در فرآیند هم‌فشار می‌توان نوشت:

$$W = -P \Delta V = -10^5 (1/5 - 2) \times 10^{-3} \Rightarrow W = +50 \text{ J}$$

چون حجم گاز کاهش پیدا کرده است، پس کار انجام‌شده روی گاز مثبت است.

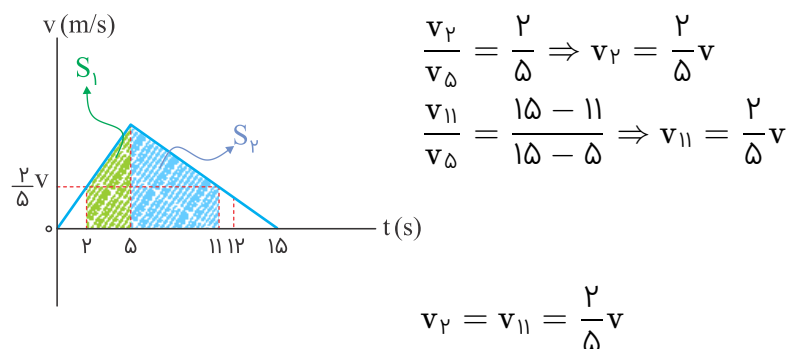
جهت حرکت جسم تغییر نکرده است و حرکت تندشونده می‌باشد، در این صورت مسافت و جابه‌جایی برابر هستند. پس می‌توان نوشت:

$$x_1 + (x_1 + at^2) = (x_1 + 2at^2) + 4 \Rightarrow 2x_1 + a = x_1 + 2a + 4 \\ \Rightarrow x_1 = a + 4 = 4 + 4 = 8 \text{ m}$$

با استفاده از معادله مکان- زمان در حرکت با شتاب ثابت می‌توان نوشت:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \Rightarrow 8 = \frac{1}{2} \times 4 \times 1^2 + v_0 \times 1 \\ \Rightarrow v_0 + 2 = 8 \Rightarrow v_0 = 6 \text{ m/s}$$

با رسم نمودار سرعت- زمان مربوط به حرکت جسم می‌توان نوشت:



در این صورت خواهیم داشت:

باتوجه به جابه‌جایی انجام‌شده بین دو لحظه $t_1 = 2 \text{ s}$ تا $t_2 = 11 \text{ s}$ داریم:

$$S_1 + S_2 = 126 \Rightarrow \left(\frac{2}{5}v + v\right) \times \frac{3}{2} + \left(\frac{2}{5}v + v\right) \times \left(\frac{11-5}{2}\right) = 126 \\ \Rightarrow \frac{7}{5}v \left(\frac{3}{2} + 3\right) = 126 \Rightarrow \frac{6}{3}v = 126 \Rightarrow v = 20 \text{ m/s}$$

برای محاسبهٔ تندی در لحظهٔ $t = 12 \text{ s}$ داریم:

$$\frac{v_{12}}{v_5} = \frac{15-12}{15-5} \Rightarrow v_{12} = \frac{3}{10}v = \frac{3}{10} \times 20 = 6 \text{ m/s}$$

در لحظهٔ $t = 4 \text{ s}$ سرعت حرکت صفر می‌شود. چون حرکت از این لحظه به بعد از حال سکون انجام می‌شود، می‌توان حرکت را وارونه در نظر گرفت. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{array}{l} v_2 = 2a + v_f \\ v_4 = 4a + v_f \end{array} \right\} \xrightarrow{v_f=0} \frac{v_4}{v_2} = \frac{4a}{2a} = 2$$

ابتدا سرعت دو متحرک را حساب می‌کنیم:

$$v_A = \frac{200 - 100}{10} = 10 \text{ m/s}$$

$$v_B = \frac{200}{10} = 20 \text{ m/s}$$

چون دو متحرک هم‌جهت حرکت کرده‌اند، سرعت نسبی آن‌ها برابر است با:

$$v = 20 - 10 = 10 \text{ m/s}$$

هنگامی که فاصله دو متحرک کمتر یا مساوی ۲۰ متر می‌شود یعنی فاصله دو متحرک ابتدا ۲۰ متر شده، سپس به صفر رسیده و مجدداً برابر ۲۰ m می‌شود. پس می‌توان نوشت:

$$\Delta x_{\text{نسبی}} = v_{\text{نسبی}} \Delta t \Rightarrow 20 = 10t \Rightarrow t = 2 \text{ s}$$

روش دوم:

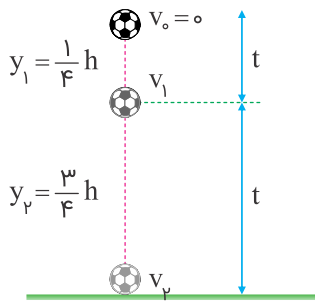
باتوجه به نمودار، معادله حرکت جسم‌ها را می‌نویسیم:

$$x = vt + x_0 \Rightarrow \begin{cases} x_A = 10t + 100 \\ x_B = 20t - 200 \end{cases}$$

با استفاده از شرط مسأله در مورد فاصله دو جسم داریم:

$$\begin{cases} x_A - x_B = 20 \Rightarrow -10t + 300 = 20 \Rightarrow t = 28 \text{ s} \\ x_B - x_A = 20 \Rightarrow +10t' - 300 = 20 \Rightarrow t' = 32 \text{ s} \end{cases} \Rightarrow \Delta t = 4 \text{ s}$$

چون حرکت از حال سکون و با شتاب ثابت انجام شده است و $y_2 = 3y_1$ است، یعنی بازه‌های زمانی حرکت باهم برابر است. پس می‌توان نوشت:



$$|v_1| = gt$$

$$|v_2| = g(2t) = 2v_1$$

در این صورت برای محاسبهٔ تندى متوسط داریم:

$$S_{av} = v_{av} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{v_1 + 2v_1}{2} = \frac{3}{2}v_1 = 10 \text{ m/s}$$

باتوجه به رابطهٔ محاسبهٔ نیروی خالص وارد بر جسم برحسب تغییرات تکانه می‌توان نوشت:

$$\vec{p} = m\vec{v}_1 = 100 (\text{kgm/s})\vec{i}$$

$$\vec{F}_{av} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{F}\vec{i} = \frac{\vec{p}_2 - 100\vec{i}}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \vec{F}\vec{i} = \frac{200\vec{i} - 100\vec{i}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{100}{4} = 25 \text{ s}$$

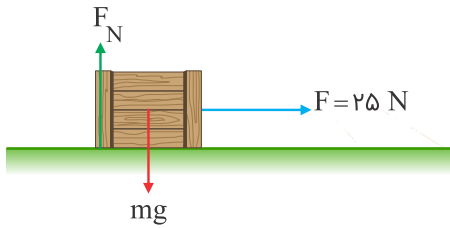
سطح زیر نمودار نیرو- زمان با تغییرات تکانه برابر است:

$$\Delta p = \frac{(20 + 50)}{2} \times 20 = 700 \text{ N.s}$$

اکنون باتوجه به رابطهٔ محاسبهٔ نیروی خالص داریم:

$$F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{700}{50} = 14 \text{ N}$$

ابتدا مشخص می‌کنیم جسم می‌تواند حرکت کند یا خیر؟!



$$F_N - mg = 0 \Rightarrow F_N = 60 \text{ N}$$

$$f_{s,\max} = \mu_s F_N = \mu_s mg = 0.75 \times 60 = 45 \text{ N}$$

چون $F < f_{s,\max}$ است، جسم ساکن می‌ماند. پس داریم:

$$f_s = F = 25 \text{ N}$$

در این صورت نیروی سطح تکیه‌گاه برابر است با:

$$R = \sqrt{f_s^2 + F_N^2} = \sqrt{(25)^2 + (60)^2} = \sqrt{5^2(25 + 144)} = 65 \text{ N}$$

برای محاسبه انرژی جنبشی، ابتدا تندی خطی حرکت را محاسبه می‌کنیم:

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{60}{30} = 2 \text{ s} \\ r &= 2 \text{ m} \\ v &= \frac{2\pi r}{T} \end{aligned} \right\} \Rightarrow v = \frac{2\pi \times 2}{2} = 2\pi \text{ m/s}$$

اکنون باتوجه به رابطه محاسبه انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(\omega)(2\pi)^2 = 10\pi^2 \text{ J}$$

ابتدا شدت صوت موردنظر را حساب می‌کنیم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 60 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 10^6 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

برای محاسبه توان چشمه صوت داریم:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow 10^{-6} = \frac{P}{4 \times 3 \times 50^2} \Rightarrow P = 3 \times 10^{-2} \text{ W} = 30 \text{ mW}$$

ابتدا دوره حرکت را حساب می‌کنیم:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{0.2}{50}} = 2\sqrt{\frac{2}{50}} = 0.4 \text{ s}$$

در این صورت مدت زمان طی کردن یک بار دامنه برابر است با:

$$\Delta t = \frac{T}{f} = 0.1 \text{ s}$$

در ۵/۰ ثانیه اول به مدت $5\frac{T}{f}$ در حرکت است و مسافت پیموده شده در این مدت زمان برابر $5A$ است. اما جابه‌جایی در این مدت برابر A است. پس داریم:

$$\frac{\ell}{\Delta x} = \frac{5A}{A} = 5$$

با استفاده از رابطه محاسبه دوره حرکت آونگ کم دامنه می‌توان نوشت:

$$T = \frac{\Delta t}{n} = \frac{1}{1} = 1 \text{ s}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow 1 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{\pi^2}} \Rightarrow \sqrt{L} = \frac{1}{2} \Rightarrow L = \frac{1}{4} \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

انرژی مکانیکی و جنبشی نوسانگر را حساب می‌کنیم:

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}(500)(4 \times 10^{-2})^2 = 0.4 \text{ J}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{\sqrt{2}}{2}v_m\right)^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}A^2\omega^2\right) \\ = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}E = 0.2 \text{ J}$$

در این صورت داریم:

$$E - K = 0.2 \text{ J}$$

نکته: در لحظه‌ای که تندی نوسانگر $\frac{\sqrt{2}}{2}v_m$ باشد، انرژی جنبشی و پتانسیل باهم برابر هستند.

نور مسیر مستقیم را طی نمی‌کند، بلکه مقداری منحرف شده به‌طوری‌که نور آبی‌رنگ بیشتر از نور قرمز رنگ دارای انحراف می‌شود. همچنین چون نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ شده است، پس زاویه شکست کوچک‌تر از زاویه تابش است.

$$E_B = 0.75 E_A \Rightarrow \frac{hc}{\lambda_B} = \frac{3}{4} \frac{hc}{\lambda_A} \Rightarrow \lambda_B = \frac{4}{3} \lambda_A$$

$$\lambda_B - \lambda_A = 50 \text{ nm} \Rightarrow \frac{4}{3} \lambda_A - \lambda_A = \frac{1}{3} \lambda_A = 50 \text{ nm}$$

$$\Rightarrow \lambda_A = 150 \text{ nm}, \lambda_B = 200 \text{ nm}$$

$$f_A - f_B = \frac{c}{\lambda_A} - \frac{c}{\lambda_B} = \frac{3 \times 10^{17}}{150} - \frac{3 \times 10^{17}}{200} = (2 - 1.5) \times 10^{15}$$

$$\Rightarrow f_A - f_B = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

ابتدا انرژی جنبشی بیشینه فتوالکترون‌ها را حساب می‌کنیم:

$$hc = 1/24 \text{ eV} \cdot \mu\text{m} = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$$

$$K_{\max} = \frac{1}{2} m v_{\max}^2 = \frac{1}{2} \times 9 \times 10^{-31} \times (5 \times 10^6)^2 = 112/5 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$K = \frac{112/5 \times 10^{-21}}{1/6 \times 10^{-19}} \simeq 0.7 \text{ eV}$$

با استفاده از معادله فتوالکتریک می‌توان نوشت:

$$K_{\max} = hf - W_0 = \frac{hc}{\lambda} - W_0$$

$$\Rightarrow 0.7 = \frac{1240}{\lambda} - 4/46 \Rightarrow \lambda \simeq 240 \text{ nm}$$

برای محاسبه نیم‌عمر ماده موردنظر می‌توان نوشت:

$$\frac{N_0}{16} = \frac{N_0}{2^{T/T_{1/2}}} \Rightarrow 2^{T/T_{1/2}} = 16 = 2^4 \Rightarrow \frac{T}{T_{1/2}} = 4 \Rightarrow T = 6 \text{ روز}$$

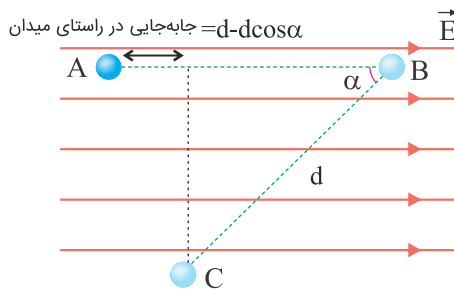
با استفاده از قانون کولن رابطه بین نیروی الکتریکی در دو حالت را می‌یابیم:

$$F = k \frac{|q||q|}{r^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{r}{1/2r}\right)^2 = \frac{1}{1/44} = \frac{100}{144} \Rightarrow F_2 = \frac{100}{144} F_1$$

برای محاسبه درصد تغییرات نیرو می‌توان نوشت:

$$\frac{\Delta F}{F_1} \times 100 = \frac{F_2 - F_1}{F_1} \times 100 = \left(\frac{\frac{100F_1}{144} - F_1}{F_1} \times 100 \right) = -\frac{44}{144} \times 100 \simeq -30\%$$

برای محاسبه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی می‌توان نوشت:



جابه‌جایی در راستای میدان

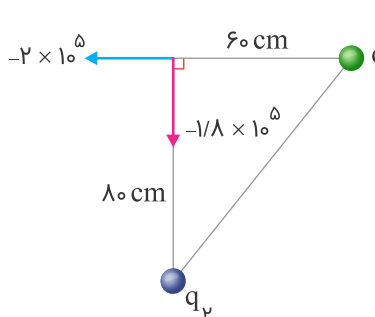
جابه‌جایی در راستای میدان

$$|\Delta U_{ABC}| = |q|E(d - d \cos \alpha) = 5 \times 10^{-6} \times 10^5 \times 0.5(1 - 0.6)$$

$$\Rightarrow |\Delta U| = 10^{-1} \text{ J} = 0.1 \text{ J}$$

بار منفی در جهت میدان حرکت کرده است، پس $\Delta U > 0$ است. بنابراین:

$$\Delta U = +0.1 \text{ J}$$



مولفه x میدان E حاصل از بار q_1 و مولفه y میدان E حاصل از بار q_2 است. بنابراین:

$$\vec{E} = -2 \times 10^5 \vec{i} - 1/8 \times 10^5 \vec{j}$$

$$|E_x| = 2 \times 10^5 = \frac{k|q_1|}{r_1^2} \Rightarrow 2 \times 10^5 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_1|}{(0.6)^2}$$

$$\Rightarrow |q_1| = 8 \mu\text{C} \Rightarrow q_1 = +8 \mu\text{C}$$

$$|E_y| = 1/8 \times 10^5 = \frac{k|q_2|}{r_2^2} \Rightarrow 1/8 \times 10^5 = \frac{9 \times 10^9 \times |q_2|}{(0.8)^2}$$

$$\Rightarrow |q_2| = 12/8 \mu\text{C} \Rightarrow q_2 = -12/8 \mu\text{C}$$

با استفاده از رابطه محاسبه انرژی ذخیره‌شده در خازن ابتدا ظرفیت خازن را حساب می‌کنیم.

$$U = \frac{1}{2} CV^2 \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times C \times 20^2 \Rightarrow C = 10 \mu\text{F}$$

اکنون با استفاده از رابطه محاسبه ظرفیت خازن برحسب مشخصات ساختمانی داریم:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = \kappa C_0 \Rightarrow 10 = \kappa \times 5 \Rightarrow \kappa = 2$$

چون $\mathcal{E}_1 < \mathcal{E}_2$: جریان از قطب مثبت $\mathcal{E}_2$ خارج می‌شود. برای محاسبهٔ جریان می‌توان نوشت:

$$I = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{R_{eq} + r} = \frac{18 - 10}{R + 3} = \frac{8}{R + 3}$$

چون باتری $\mathcal{E}_1$ مصرف‌کننده است داریم:

$$V = \mathcal{E}_1 + Ir_1 \Rightarrow 14 = 10 + I \times 2 \\ \Rightarrow I = 2 \text{ A} \Rightarrow 2 = \frac{8}{R + 3} \Rightarrow R = 1 \Omega$$

در این صورت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R برابر است با:

$$V = RI = 1 \times 2 = 2 \text{ V}$$

در صورتی که باتری آرمانی باشد، در حالتی که کلید K باز است می‌توان نوشت:

$$P_1 = \frac{R_1 \mathcal{E}^2}{(R_1 + r)^2} = \frac{2R \mathcal{E}^2}{(2R + 0)^2} \Rightarrow P_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{2R} = \frac{1}{2} \left(\frac{\mathcal{E}^2}{R} \right)$$

اگر کلید K بسته باشد:

$$P_2 = \frac{\frac{3}{4} R \mathcal{E}^2}{\left(\frac{3}{2} R + 0 \right)^2} = \frac{2}{3} \left(\frac{\mathcal{E}^2}{R} \right)$$

در این صورت می‌توان نوشت:

$$P_2 - P_1 = 9 \text{ W} \Rightarrow \frac{\mathcal{E}^2}{R} \left(\frac{2}{3} - \frac{1}{2} \right) = 9 \Rightarrow \frac{18^2}{R} \times \frac{1}{6} = 9 \Rightarrow R = 6 \Omega$$

ابتدا جریان مدار را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{R_{eq} + r} = \frac{18 - 12}{0/5 + 1/5 + 2 + 8} = 0/5 \text{ A}$$

در جهت جریان (ساعتگرد) از نقطهٔ A به نقطهٔ E می‌رسیم:

$$V_A + 18 - 0/5 \times 0/5 - 8 \times 0/5 = 0 \Rightarrow V_A = -13/75 \text{ V}$$

چون باتری مصرف‌کننده است می‌توان نوشت:

$$V = \varepsilon + rI = 12 + 3 \times 2 = 18 \text{ V}$$

پس توان مصرفی آن برابر است با:

$$P = VI = 18 \times 2 = 36 \text{ W}$$

فشار ناشی از ستون جیوه (جیوه h) باید برابر با 68 kPa باشد:

$$P = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow 68 \times 10^3 = 13600 \times 10 \times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{68 \times 10^3}{136 \times 10^3} = 0.5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$$

باتوجه به رابطه بین تکانه و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$\left. \begin{array}{l} K = \frac{P^2}{2m} \\ P_A = P_B \\ K_A = 4K_B \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{K_A}{K_B} = \left(\frac{P_A}{P_B} \right)^2 \times \frac{m_B}{m_A} \Rightarrow 4 = 1 \times \frac{m_B}{2} \Rightarrow m_B = 8 \text{ kg}$$

با استفاده از رابطه محاسبه مول گاز می‌توان نوشت:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} \Rightarrow 1 = \frac{m_1}{28} \Rightarrow m_1 = 28 \text{ g} \Rightarrow m_2 = 28 \text{ g}$$

$$n_2 = \frac{m_2}{M_2} \Rightarrow n_2 = \frac{28}{4} = 7 \text{ mol}$$

در این صورت برای مخلوط گاز می‌توان نوشت:

$$n = n_1 + n_2 = 1 + 7 = 8 \text{ mol}$$

پس برای محاسبه فشار مخلوط داریم:

$$\frac{P_1 V_1}{n_1 T_1} = \frac{P_2 V_2}{n_2 T_2} \Rightarrow \frac{5}{1} P_0 = \frac{P_2}{8} \Rightarrow P_2 = 40 P_0$$

در این صورت فشار پیمانه‌ای برابر است با:

$$P_g = P - P_0 = 40 P_0 - P_0 = 39 P_0$$

$$W_{\text{کل}} = -S_{\text{چرخه}} = -\frac{3 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^5}{2} = -300 \text{ J}$$

$$Q_{\text{کل}} = -W_{\text{کل}} \Rightarrow Q_{\text{کل}} = +300 \text{ J}$$