

گزینه ۱

۱

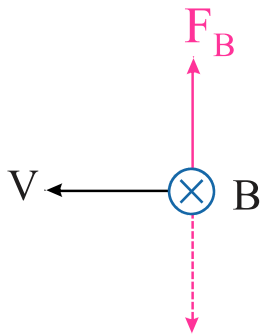
در موتور درون سوز، در مرحله "ضربه قدرت": پیستون پایین می رود و فشار و دمای گاز کاهش می یابد.

گزینه ۲

۲

گزینه ۲ درست است.

تعیین جهت جریان سیم: با استفاده از قاعده دست راست برای سیم حامل جریان، اگر سیم را طوری با دست راست بگیریم که چهار انگشت در جهت خطوط میدان مغناطیسی (در بالای سیم درون سو و در پایین آن برون سو) بسته شوند، انگشت شست جهت جریان الکتریکی را نشان می دهد. بنابراین، جهت جریان در سیم به سمت چپ ($\leftarrow$) است. تعیین جهت نیروی وارد بر الکترون: الکترون در فضای بالای سیم در حال حرکت به سمت چپ است ($\vec{v} \leftarrow$) و میدان مغناطیسی در این ناحیه درون سو ($\vec{B} \otimes$) است. طبق قاعده دست راست برای نیروی مغناطیسی، جهت نیرو برای بار مثبت به سمت پایین به دست می آید؛ اما از آنجا که بار الکترون منفی است ($q < 0$)، جهت نیروی مغناطیسی ($\vec{F}_B$) در خلاف جهت به دست آمده، یعنی رو به بالا ($\uparrow$) خواهد بود.



گزینه ۳

۳

معادله واپاشی را می نویسم:

$${}_{8}^{15}\text{O} \rightarrow {}_{+1}^{0}\text{e} + {}_{Z}^{A}\text{X} \Rightarrow \begin{cases} 15 = A \\ 8 = +1 + Z \Rightarrow Z = 7 \end{cases}$$

پس هسته دختر ۸ ($15-7=8$) نوترون دارد.

گزینه ۱

۴

هنگام عبور جریان الکتریکی پایا (ثابت) از القاگر آرمانی، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی شود.

طبق قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$\begin{aligned} W_t &= \Delta K \Rightarrow W_{mg} + W_f = K_v - K_1 \\ \Rightarrow \underbrace{mgh}_W + W_f &= \frac{1}{2}mv_v^2 - 0 \\ \Rightarrow \lambda \times 22 - 16 &= \frac{1}{2}(0/\lambda)v_v^2 \\ \Rightarrow v_v^2 &= \frac{160 \times 2}{0/\lambda} = 400 \Rightarrow v_v = 20 \text{ m/s} \end{aligned}$$

ابتدا چگالی مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2} \Rightarrow \rho = \frac{\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2}{400 + 600} \\ &= \frac{400 + 720}{1000} = \frac{1120}{1000} = 1.12 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

حال فشار پیمانه‌ای ناشی از مایع را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} P_g &= P - P_0 = \rho gh = 1.12 \times 10^3 \times 10 \times 0.5 \\ &= 5600 \text{ Pa} = 5.6 \text{ kPa} \end{aligned}$$

ابتدا زمان کل حرکت را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta y = -\frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow 80 = -\frac{1}{2}(10)t^2 \Rightarrow t = 4 \text{ s}$$

پس ۰/۶ s قبل از رسیدن یعنی زمان $t' = 3/4 \text{ s}$ ، مکان گلوله در این لحظه را حساب کرده و از ۸۰ متر کم می‌کنیم:

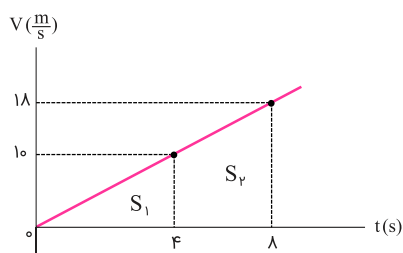
$$\begin{aligned} \Delta y' &= \frac{-1}{2}g(t')^2 \Rightarrow \Delta y' = \frac{-1}{2}(10)(3/4)^2 = 57/8 \\ 80 - 57/8 &= 22/2 \text{ m} \end{aligned}$$

برای محاسبه سرعت متوسط دو متحرک ابتدا نمودار سرعت - زمان را رسم کرده سپس نسبت جابه‌جایی آن‌ها در ۸s اول حرکت را مقایسه می‌کنیم:
متحرک A:

$$v = at + v_0$$

$$v_{fs} = 2/5 \times 5 + 0 = 10 \text{ m/s}$$

$$v_{8s} = 2 \times 5 + 10 = 18 \text{ m/s}$$



$$\Delta x_A = S_1 + S_2 = \left(\frac{5 \times 10}{2} \right) + \left(\frac{10 + 18}{2} \times 3 \right)$$

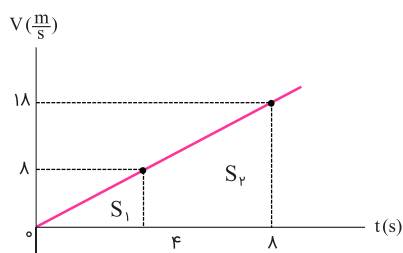
$$\Delta x_A = 50 + 56 = 106 \text{ m}$$

متحرک B:

$$v = at + v_0$$

$$v_{fs} = 2 \times 5 + 0 = 10 \text{ m/s}$$

$$v_{8s} = 2/5 \times 8 + 10 = 18 \text{ m/s}$$



$$\Delta x_B = S_1 + S_2 = \left(\frac{10 \times 5}{2} \right) + \left(\frac{10 + 18}{2} \times 3 \right)$$

$$\Delta x_B = 25 + 56 = 81 \text{ m}$$

حال خواسته سوال را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\bar{v}_B}{\bar{v}_A} = \frac{\Delta x_B}{\Delta x_A} = \frac{81}{106} = \frac{17}{19}$$

ابتدا مکان و سرعت اتومبیل A را در $t = ۳ \text{ s}$ محاسبه می‌کنیم:

$$v_A = at + v_0 \Rightarrow ۲ \times ۳ + ۰ = ۶ \text{ m/s}$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 = ۹ \text{ m}$$

لحظه $t = ۳ \text{ s}$ را به عنوان مبدأ زمان در نظر می‌گیریم و معادله مکان - زمان در اتومبیل را می‌نویسیم:

$$x_A = \frac{1}{2}at^2 + ۶t + ۹ = t^2 + ۶t + ۹$$

$$x_B = v_B t = ۱۶t$$

چون $t = ۳ \text{ s}$ را مبدأ حرکت در نظر گرفتیم پس بازه مورد نظر سوال $t = ۴ \text{ s}$ تا $t = ۶ \text{ s}$ است. حال در هر لحظه مکان دو اتومبیل را به دست می‌آوریم:

$$t = ۴ \text{ s} : \begin{cases} x_A = ۱۶ + ۲۴ + ۹ = ۴۹ \text{ m} \\ x_B = ۱۶ \times ۴ = ۶۴ \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \Delta x = ۱۵ \text{ m}$$

$$t = ۵ \text{ s} : \begin{cases} x_A = ۲۵ + ۳۰ + ۹ = ۶۴ \text{ m} \\ x_B = ۱۶ \times ۵ = ۸۰ \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \Delta x = ۲۴ \text{ m}$$

$$t = ۶ \text{ s} : \begin{cases} x_A = ۳۶ + ۳۶ + ۹ = ۸۱ \text{ m} \\ x_B = ۱۶ \times ۶ = ۹۶ \text{ m} \end{cases} \Rightarrow \Delta x = ۱۵ \text{ m}$$

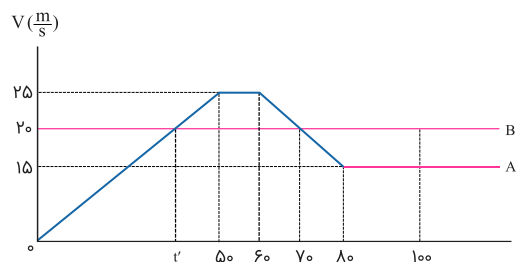
پس فاصله دو اتومبیل ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش پیدا کرده است.

باید نشان دهیم مکان هر متحرک در هر لحظه چگونه تغییر می‌کند تا با کمک مکان‌های آن‌ها دور یا نزدیک شدن دو متحرک را تشخیص دهیم:

هر دو متحرک در $t = 0$ در $x = 0$ قرار دارند.

با توجه به اینکه شتاب متحرک A در بازه زمانی $(0, 50)$ ثابت است، پس $t' = 40$ s است.

در مکان $t' = 40$ s دو متحرک را محاسبه می‌کنیم:



$$x_B = vt + x_0 = 20 \times 40 + 0 = 800 \text{ m}$$

$$x_A = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) (40)^2 + 0 = 400 \text{ m}$$

در $t = 50$ s داریم:

$$x_B = 20 \times 50 = 1000 \text{ m}$$

$$x_A = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} \right) (50)^2 = 625 \text{ m}$$

در $t = 60$ s:

$$x_B = 20 \times 60 = 1200 \text{ m}$$

$$x_A = v_A t + x'_0 = 25 \times 10 + 625 = 875$$

در $t = 70$ s:

$$x_B = 20 \times 70 = 1400 \text{ m}$$

$$x_A = \frac{1}{2} \left(\frac{-1}{2} \right) (10)^2 + 250 + 875 = 1100 \text{ m}$$

در $t = 80$ s:

$$x_B = 20 \times 80 = 1600 \text{ m}$$

$$x_A = \frac{1}{2} \left(\frac{-1}{2} \right) (10)^2 + 250 + 1100 = 1275 \text{ m}$$

و در آخر در $t = 90$ s:

$$x_B = 20 \times 90 = 1800 \text{ m}$$

$$x_A = v_A t + x''_0 = 15 \times 10 + 1275 = 1425 \text{ m}$$

مشخص است در هر بازه زمانی ۱۰ ثانیه‌ای متحرک B، ۲۰۰ متر جابه‌جا می‌شود ولی متحرک A بیشتر از ۲۰۰ متر جابه‌جا می‌شود پس این دو متحرک هرگز به هم نمی‌رسند.

ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم:

$$F_1 = F_N \Rightarrow F_N = 40 \text{ N}$$

$$f_k = \mu_k F_N = 0.4 \times 40 = 16 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_k^2} = \sqrt{40^2 + 16^2}$$

$$= \sqrt{16^2 (5^2 + 2^2)} = 16\sqrt{29} \text{ N}$$

چون نیروی $F_2 > mg$ است پس جسم رو به بالا حرکت می‌کند. پس داریم:

حداقل نیرو برابر است با $f_{s,max}$. پس:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N = \mu_s mg = 0.5 \times 5 \times 10 = 25 \text{ N}$$

برای اینکه جسم متوقف نشود و چون حداکثر نیرو مدنظر است پس باید محموله با سرعت ثابت حرکت کند پس:

$$F - f_k = ma = 0 \Rightarrow F = f_k \Rightarrow F = \mu_k (m + m')g$$

$$\Rightarrow 25 = 0.4(5 + m')10 \Rightarrow m' = 1/25 \text{ kg}$$

طبق رابطه $F_{av} = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ داریم:

$$F_{av} = ma = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Rightarrow 0.2a = \frac{7 - 1}{10 - 0} \Rightarrow a = 3 \text{ m/s}^2$$

چون نمودار یک خط راست با شیب ثابت است، پس شتاب لحظه‌ای با شتاب متوسط برابر است.

ابتدا سرعت را به m/s تبدیل می‌کنیم:

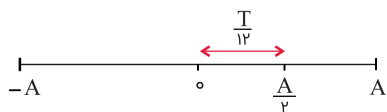
$$v = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} \div 3/6 = 10 \text{ m/s}$$

نیروی مرکزگری خودرو در پیچ جاده را نیروی اصطکاک تأمین می‌کند پس:

$$f_{s,max} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow \mu_s mg = m \frac{v^2}{r}$$

$$\Rightarrow \mu_s = \frac{v^2}{gr} \Rightarrow \mu_s = \frac{10^2}{10 \times 25} = 0.4$$

طبق شکل زیر می‌دانیم نوسانگر فاصله زمانی نقطه تعادل تا $\frac{A}{2}$ را در $\frac{T}{12}$ طی می‌کند.



$$\frac{T}{12} = \frac{1}{60} \Rightarrow T = 0.2 \text{ s}$$

حال که دوره تناوب را داریم به راحتی تعداد نوسان در 60 s را محاسبه می‌کنیم:

$$n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{60}{0.2} = 300$$

این سوال عیناً از پرسش کتاب درسی مطرح شده است؛ هر شکل را بررسی می‌کنیم:

در شکل ۱: تندی صوت بیشتر از تندی چشمه است.

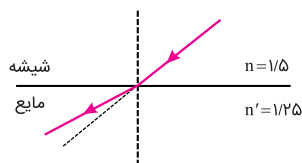
در شکل ۲: تندی چشمه از تندی صوت بیشتر است.

در شکل ۳: تندی صوت بزرگتر از تندی چشمه است.

می‌دانیم دوره حرکت نوسانگر جرم - فنر از رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ محاسبه می‌شود پس از رابطه نسبی داریم:

$$\begin{aligned} \frac{T_2}{T_1} &= \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{0.6T_1}{T_1} = \sqrt{\frac{m_1 - 320}{m_1}} \\ \Rightarrow \frac{36}{100} &= \frac{m_1 - 320}{m_1} \Rightarrow 36m_1 = 100m_1 - 32000 \\ \Rightarrow m_1 &= 500 \text{ g} \end{aligned}$$

چون محیط دوم ضریب شکست کمتری دارد سرعت بیشتر می‌شود و پرتو از خط عمود دور می‌شود.



$$\frac{v}{v'} = \frac{n'}{n} = \frac{1/25}{1/20} = \frac{5}{6} \Rightarrow v' = \frac{6}{5} v$$

طبق رابطه $f = \frac{v}{\lambda L}$ ، بسامد صوت اصلی با سرعت رابطه مستقیم دارد همچنین رابطه سرعت با نیروی کشش تار هم طبق رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ مستقیم است، پس:

$$f = \frac{1}{\lambda L} \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\text{رابطه مقایسه‌ای بسامد}} \frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}}$$

$$\Rightarrow \frac{f_1}{1/2 f_1} = \sqrt{\frac{50}{F_2}} \Rightarrow \frac{100}{144} = \frac{50}{F_2}$$

$$\Rightarrow F_2 = 72 \text{ N}$$

در نهایت خواسته سوال:

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 72 - 50 = 22 \text{ N}$$

پاسخ "نوع گاز" است.

$$K_{\max} = hf - hf_0 = 5hf_0 - hf_0 = 4hf_0 = 4W_0 = 4 \times 1/75 = 4 \text{ eV}$$

$$4 \text{ eV} \times \frac{1/6 \times 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 11/2 \times 10^{-19} \text{ J} = 1/12 \times 10^{-18} \text{ J}$$

بررسی عبارت‌های نادرست:

در پرتو زایی طبیعی تعداد نوکلئون‌ها همواره ثابت و برابر است. ("الف" و "ب" نادرست) فقط مورد "پ" درست است.

در هر دو حالت E_t را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{حالت اول: } E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{k(10)}{(20)^2} = \frac{k}{40}, \quad E_2 = \frac{k(20)}{(40)^2} = \frac{k}{80}$$

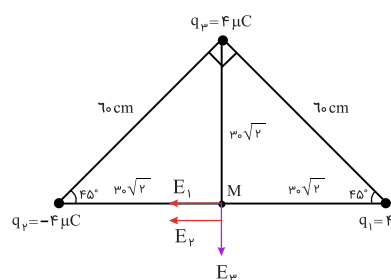
$$E_t = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(\frac{k}{40}\right)^2 + \left(\frac{k}{80}\right)^2} = \frac{k}{40} \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \frac{k}{40} \sqrt{\frac{5}{4}}$$

$$\text{حالت دوم: } E'_1 = \frac{k}{40}, \quad E'_2 = \frac{k(20)}{(20)^2} = \frac{k}{20}$$

$$E'_t = \sqrt{\left(\frac{k}{40}\right)^2 + \left(\frac{k}{20}\right)^2} = \frac{k}{20} \sqrt{\frac{1}{4} + 1} = \frac{k}{20} \sqrt{\frac{5}{4}}$$

$$\frac{E'_t}{E_t} = \frac{\frac{k}{20} \sqrt{\frac{5}{4}}}{\frac{k}{40} \sqrt{\frac{5}{4}}} = 2$$

ابتدا میدان‌های ناشی از هر بار را در نقطه M رسم می‌کنیم؛ چون مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین است، اندازه فاصله‌ها به راحتی مطابق شکل زیر قابل محاسبه است.



حال تک‌تک میدان‌ها را محاسبه کرده و در نهایت برابری می‌گیریم:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$E_1 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{(30\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 2 \times 10^5 \frac{N}{C}, \quad E_2 = E_1 = 2 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_3 = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{(30\sqrt{2} \times 10^{-2})^2} = 2 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$\text{در راستای محور x: } E_1 + E_2 = E_x \Rightarrow E_x = 4 \times 10^5 \frac{N}{C}, \quad E_y = 2 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

$$E_t = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \sqrt{(4 \times 10^5)^2 + (2 \times 10^5)^2} = 10^5 \sqrt{16 + 4} = 2 \times 10^5 \sqrt{5} \frac{N}{C}$$

طبق صورت سوال $\Delta U = 8 \times 10^3 \text{ W.h}$, $\Delta V = 2 \times 10^3 \text{ V}$ پس:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta U}{ne}$$

$$\Rightarrow n = \frac{\Delta U}{e \times \Delta V} = \frac{8 \times 10^3 \times 3600}{1/6 \times 10^{-19} \times 2000} = 9 \times 10^{22}$$

$$500 \text{ mA} = 0.5 \text{ A}$$

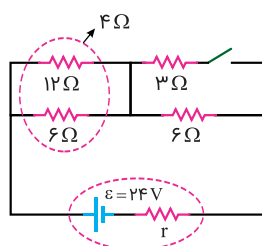
$$P_1 = V I_1 \Rightarrow 8 \times 0.5 = 4 \text{ W}$$

$$R_1 = \frac{V}{I_1} \Rightarrow R_1 = \frac{8}{0.5} = 16 \Omega$$

$$P_2 = P_1 + 0.6 P_1 = 1/6 P_1 = 1/6 \times 4 = 2/3 \text{ W}$$

$$P_2 = \frac{V^2}{R_2} \Rightarrow 2/3 = \frac{64}{R_2} \Rightarrow R_2 = 10 \Omega$$

$$R_2 - R_1 = -6 \rightarrow 6 \Omega \text{ کاهش}$$



در حالت اول دو مقاومت ۶ و ۱۲ اهمی مطابق شکل موازی‌اند و مقاومت معادل آن‌ها 4Ω است و این مقاومت معادل با دیگر مقاومت ۶ اهمی متوالی است که مقاومت کل مقدار 10Ω را پیدا می‌کند پس داریم:

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{24}{10 + r} \quad (I)$$

در حالت دوم در شاخه دوم مقاومت ۳ اهمی اضافه شده که با مقاومت ۶ اهمی پایین موازی است و مقاومت معادل آن‌ها 2Ω است پس مقاومت کل $R_{eq} = 4 + 2 = 6 \Omega$ پس داریم:

$$I_2 = \frac{24}{6 + r} \xrightarrow{I_2 = I_1 + 1, (I)} \frac{24}{6 + r} = \frac{24}{10 + r} + 1$$

با جایگذاری گزینه‌ها $r = 2$

پس از وصل کلید دو مقاومت موازی اتصال کوتاه کرده و از مدار خارج می‌شوند و مقاومت معادل کاهش می‌یابد پس حتماً جریان افزایش می‌یابد از طرفی داریم:

$$V_1 = IR, \quad V_2 = \varepsilon - Ir$$

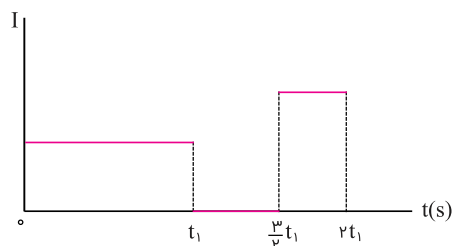
همانطور که واضح است با افزایش جریان V_2 کاهش و V_1 افزایش می‌یابد.

در شکل حوزه‌های مغناطیسی ایجاد شده اما همچنان جهت‌گیری‌ها چندان هم‌سو نیست که این حالت بیانگر قرار گرفتن یک ماده فرومغناطیسی در معرض یک میدان مغناطیسی خارجی ضعیف است.

بازه $t_1 - 0 \leftarrow$ شیب نمودار $\left(\frac{\phi}{\Delta t}\right)$ منفی است پس طبق رابطه $\varepsilon = -\frac{\phi}{\Delta t}$ مقدار ε مثبت و ثابت است پس با توجه به $I = \frac{\varepsilon}{R}$ جریان هم مقداری ثابت و مثبت دارد. (رد گزینه‌های ۱ و ۲)

بازه $t_1 - \frac{3}{4}t_1 \leftarrow$ شیب نمودار صفر $\leftarrow \varepsilon = 0 \leftarrow I = 0$

بازه $\frac{3}{4}t_1 - t_1 \leftarrow$ شیب نمودار منفی $\leftarrow \varepsilon > 0$ و $I > 0$ اما باید توجه کرد که طبق نمودار سوال شیب این قسمت اندازه بیشتری دارد پس مقدار I و ε در این بازه بیشتر از بازه اول است.



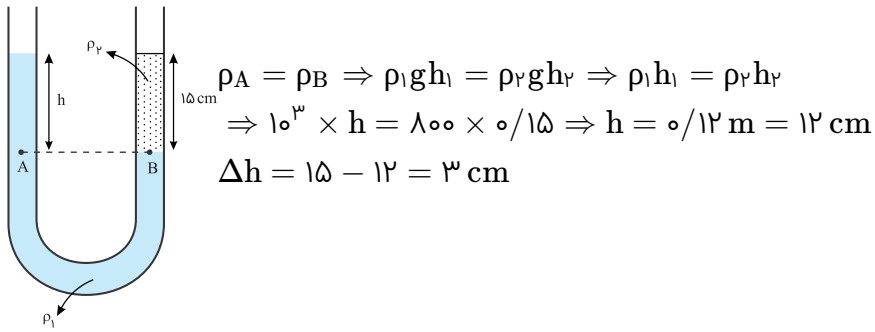
$$\left. \begin{array}{l} R_A = 2R_B \\ R_B = 2r_B \\ m_A = 3m_B \\ h_A = 3h_B \end{array} \right\} \text{طبق داده‌های مسئله:}$$

از رابطه نسبی چگالی کمک می‌گیریم:

$$\frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{V_B}{V_A} = \frac{m_A}{m_B} \times \frac{\pi(R_B^3 - r_B^3)h_B}{\pi R_A^3 h_A}$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_A}{\rho_B} = \frac{3m_B}{m_B} \times \frac{(R_B^3 - \frac{R_B^3}{8})h_B}{4R_B^3 \times (3h_B)} = 3 \times \frac{\frac{7}{8}}{4 \times 3} = \frac{7}{16}$$

با باز کردن شیر رابط، سطح آزاد دو مایع جابه‌جا می‌شوند تا به حالت تعادل برسند یعنی شکل زیر:

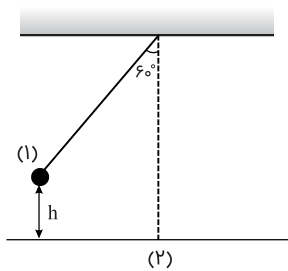


می‌دانیم بیشینه انرژی جنبشی وزنه در نقطه‌ای که از حالت تعادل عبور می‌کند، چون اصطکاک نداریم، طبق پایستگی انرژی داریم:

$$E_1 = E_2$$

$$\Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \Rightarrow mgh = K_2$$

$$\Rightarrow ۰/۲ \times ۱۰ \times ۱ = K_2 \Rightarrow K_2 = ۲ \text{ J}$$



$$h = L(1 - \cos 60^\circ) \Rightarrow h = ۲(1 - \frac{1}{۲}) = ۱$$

ابتدا فشار مطلق را محاسبه می‌کنیم. فشار مطلق برابر است با فشار پیمانه‌ای به علاوه فشار هوا. بنابراین:

فشار اولیه: $P_1 = 3 + 1 = 4$ اتمسفر

فشار نهایی: $P_2 = 2 + 1 = 3$ اتمسفر

دمای گاز را به کلوین تبدیل می‌کنیم:

دمای اولیه: $T_1 = 47 + 273 = 320\text{K}$

دمای نهایی: $T_2 = 27 + 273 = 300\text{K}$

چون حجم ثابت است پس:

$$\frac{P_1}{nT_1} = \frac{P_2}{nT_2}$$

(سوال به ما فشار پیمانه‌ای را داد. اما در معادله حالت باید فشار مطلق را قرار دهیم پس $P_{\text{مطلق}} = P_{\text{پیمانه‌ای}} + P_0$)

$$\begin{aligned} \frac{4}{n_1(320)} &= \frac{3}{n_2(300)} \\ \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} &= 0.8 \xrightarrow[n_{\text{ثابت}}]{n=\frac{m}{M}} \frac{m_2}{m_1} = 0.8 \end{aligned}$$

درصد گاز خارج شده برابر است با:

$$\left(1 - \frac{m_2}{m_1}\right) \times 100 = (1 - 0.8) \times 100 = 20\%$$

پس ۲۰٪ از جرم گاز خارج شده است.

می‌دانیم در فرایند بی‌دررو گرما مبادله نمی‌شود، پس:

$$Q_2 = 0, \Delta U_2 = W_2$$

در فرایند هم‌دما، انرژی درونی صفر است پس:

$$\Delta U_1 = 0 \Rightarrow Q_1 = -W_1$$

در فرایندها حجم کاهش یافته است پس داریم:

$$W_1 > 0 \Rightarrow Q_1 < 0$$