

گزینه ۱

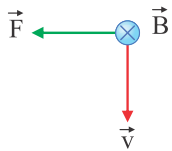
۱

امواج صوتی جزو امواج مکانیکی هستند و برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند. پرتوهای x، امواج رادیویی و پرتوهای فروسرخ جزو امواج الکترومغناطیسی بوده و برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند.

گزینه ۳

۲

طبق قاعده دست راست، اگر چهار انگشت در جهت $\vec{v}$ و انگشت شست دست راست در جهت $\vec{F}$ باشد، خم شدن انگشتان، جهت میدان را برون سو نشان می‌دهد و به دلیل منفی بودن بار، جهت میدان درون سو است. توجه: می‌توانستیم از دست چپ استفاده کنیم:



گزینه ۱

۳

بررسی گزینه‌ها:

$$۱) B = \frac{F}{IL \sin \alpha} \Rightarrow [B] = \frac{N}{A \cdot m} = \frac{kg \cdot m/s^2}{A \cdot m} = kg/A \cdot s^2$$

$$۲) \Phi = BA \cos \theta \Rightarrow [\Phi] = \frac{kg}{A \cdot s^2} \times m^2$$

$$۳) E = \frac{F}{q} \Rightarrow [E] = \frac{kg \cdot m/s^2}{C} = \frac{kg \cdot m}{C \cdot s^2} = kg \cdot m/A \cdot s^2$$

$$۴) \bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow [\bar{\epsilon}] = \frac{kg \cdot m^2}{A \cdot s^2} \times \frac{1}{s}$$

گزینه ۴

۴

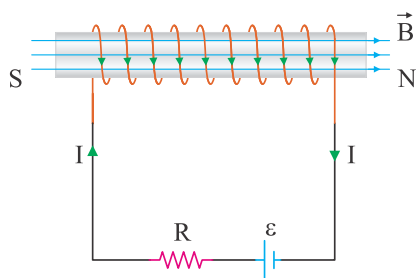
هنگامی که الکترون در مدار $n = ۱$ باشد، در حالت پایه و هنگامی که در دومین حالت برانگیخته است در مدار $n = ۳$ است. از طرفی انرژی الکترون از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = -\frac{E_R}{n^2}$$

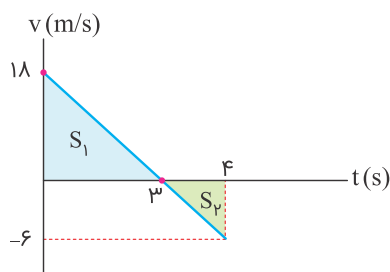
بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{E_3}{E_1} = \frac{-\frac{E_R}{9}}{-\frac{E_R}{1}} = \frac{1}{9}$$

طبق قاعده دست راست، اگر سیملوله را طوری در دست راست بگیریم که خم شدن انگشتان در جهت جریان باشد، انگشت شست دست راست جهت میدان داخل سیملوله را به طرف راست نشان می‌دهد. جهت خطوط میدان داخل سیملوله (آهنربا) از قطب S به N است بنابراین قسمت B قطب N است.



ابتدا نمودار سرعت - زمان را در مدت موردنظر با نقطه‌یابی رسم می‌کنیم:



$$v = -6t + 18$$

$$|S_1| = \frac{18 \times 3}{2} = 27 \text{ m}$$

$$|S_2| = \frac{6 \times 1}{2} = 3 \text{ m}$$

$$\ell = |S_1| + |S_2| = 27 + 3 = 30 \text{ m}$$

$$\text{تندی متوسط} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ m/s}$$

اگر جابه‌جایی در ۴ ثانیه اول حرکت X_1 باشد، جابه‌جایی در ۴ ثانیه دوم $X_1 + 16a$ و جابه‌جایی در چهار ثانیه سوم $X_1 + 32a$ و جابه‌جایی در چهار ثانیه چهارم $X_1 + 48a$ است. با توجه به صورت سؤال می‌توان نوشت:

$$X_1 = (X_1 + 16a) + (X_1 + 32a) + (X_1 + 48a)$$

$$\xrightarrow{X_1=200\text{ m}} 200 = 600 + 96a \Rightarrow a = -\frac{400}{96} \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow |a| = \frac{400}{96} = \frac{25}{6} \text{ m/s}^2$$

با توجه به نمودار، متحرک در $t = 5$ s متوقف می‌شود. بنابراین می‌توان نوشت:

$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = 5a + v_0 \Rightarrow v_0 = -5a$$

معادله مکان - زمان را می‌نویسیم و دو لحظه $t = 1$ s و $t = 12$ s را در آن جایگذاری می‌کنیم. دقت کنید $v_0 = -5a$ است.

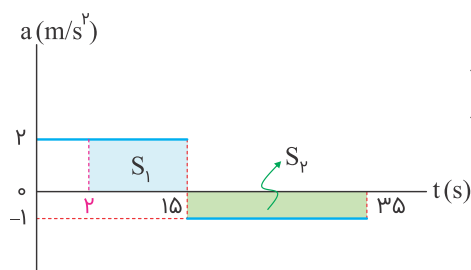
$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0 \Rightarrow \begin{cases} 66 = \frac{1}{2}a - 5a + x_0 \\ 0 = \frac{1}{2}a \times 144 - 5a \times 12 + x_0 \end{cases}$$

$$\xrightarrow{\text{ساده می‌کنیم}} \begin{cases} 66 = -\frac{9}{2}a + x_0 & \text{(I)} \\ 0 = 12a + x_0 \Rightarrow a = -\frac{x_0}{12} & \text{(II)} \end{cases}$$

رابطه (II) را در (I) جایگذاری می‌کنیم:

$$66 = \frac{9x_0}{24} + x_0 \Rightarrow 66 = \frac{33x_0}{24} \Rightarrow x_0 = 48 \text{ m}$$

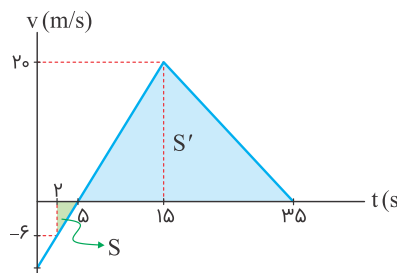
مساحت سطح زیر نمودار شتاب - زمان با تغییرات سرعت (Δv) برابر است.



$$v_{15} - v_2 = S_1 \Rightarrow v_{15} - (-6) = 26 \Rightarrow v_{15} = 20 \text{ m/s}$$

$$v_{35} - v_{15} = S_2 \Rightarrow v_{35} - 20 = -20 \Rightarrow v_{35} = 0$$

حالا می‌توانیم با رسم نمودار سرعت - زمان جابه‌جایی را از ۲ تا ۱۵ ثانیه به دست آوریم:



$$\Delta x = S + S'$$

$$\Delta x = \frac{3 \times (-6)}{2} + \frac{20 \times 20}{2} = 291 \text{ m}$$

$$x_{35} - (-16) = 291 \Rightarrow x_{35} = 275 \text{ m}$$

اگر شتاب گرانش در سطح زمین g باشد، در ارتفاع خواسته شده، شتاب گرانش $\frac{1}{100}g$ است. در ارتفاع h از سطح زمین، شتاب گرانش از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$g = \frac{GM_e}{(R_e + h)^2}$$

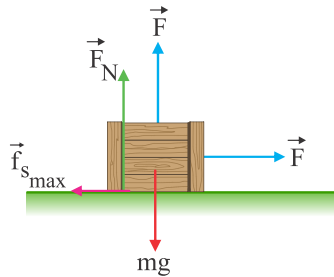
بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{\frac{1}{100}g}{g} = \left(\frac{R_e}{R_e + h}\right)^2$$

$$\frac{1}{100} = \left(\frac{R_e}{R_e + h}\right)^2 \xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{10} = \frac{R_e}{R_e + h} \Rightarrow R_e + h = 10R_e$$

$$\Rightarrow h = 9R_e$$

در حالت اول، نیروهای وارد بر جسم مطابق شکل هستند. با توجه به اینکه جسم حرکت نمی‌کند و در آستانه حرکت است می‌توان نوشت:



$$F_N + F = mg \Rightarrow F_N = mg - F$$

$$f_{s,max} = F \Rightarrow \mu_s F_N = F \Rightarrow \mu_s (mg - F) = F$$

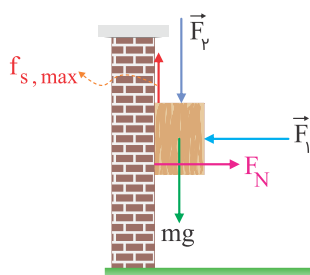
$$\Rightarrow 0.5(30 - F) = F \Rightarrow F = 10 \text{ N}$$

قرار است از F به اندازه ۴ نیوتون کم شود. بنابراین در حالت جدید این نیرو $F' = 6 \text{ N}$ است. اگر در این حالت $f'_{s,max}$ را حساب کنیم، خواهیم داشت:

$$f'_{s,max} = \mu_s (mg - F') = 0.5(30 - 6) = 12 \text{ N}$$

بنابراین همچنان جسم ساکن است و نیروی ۶ N نمی‌تواند جسم را به حرکت درآورد. در این حالت اصطکاک هم‌اندازه نیروی خارجی وارد بر جسم در راستای افق یعنی همان ۶ N است.

با توجه به این که جسم در آستانه لغزش است، می‌توان نوشت:



$$f_{s,max} = F_v + mg = 3/5 + 2/5 = 6 \text{ N}$$

نیرویی که دیوار به جسم وارد می‌کند طبق فرض سؤال برابر ۱۰ N است. این نیرو برآیند F_N و $f_{s,max}$ است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$R = \sqrt{F_N^2 + f_{s,max}^2} \Rightarrow 10 = \sqrt{F_N^2 + 6^2} \Rightarrow F_N = 8 \text{ N}$$

حالا می‌توانیم μ_s را پیدا کنیم:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \Rightarrow 6 = \mu_s \times 8 \Rightarrow \mu_s = \frac{6}{8} = \frac{3}{4}$$

لازم است دوره تناوب موج را به دست آوریم. برای این کار به طول موج نیاز داریم. با توجه به شکل می‌توان نوشت:

$$\frac{\omega \lambda}{4} = 25 \Rightarrow \lambda = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow T = \frac{\lambda}{v} = \frac{0.2}{10} = 0.02 \text{ s}$$

حالا عبارت‌ها را بررسی می‌کنیم:

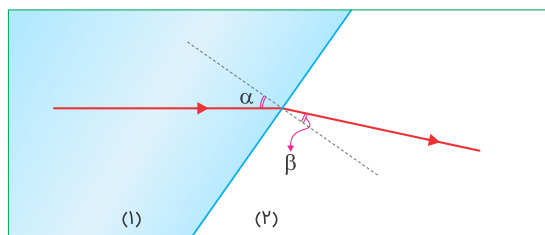
عبارت (الف) نادرست است. چون تندی موج 10 m/s است، موج در هر ثانیه 10 متر پیشروی می‌کند.

عبارت (ب) درست است. زیرا 0.01 ثانیه معادل $\frac{T}{2}$ است و هر ذره محیط در این مدت مسافتی به اندازه 2 برابر دامنه موج یعنی 4 cm طی می‌کند.

عبارت (پ) نادرست است. زیرا جابه‌جایی در مدت $\frac{T}{2}$ به این بستگی دارد که در ابتدای این مدت این ذره در چه فاصله‌ای از مرکز نوسان خودش قرار دارد و به کدام سمت می‌رود.

عبارت (ت) درست است. هر ذره در مدت یک دوره تناوب، یک نوسان کامل انجام داده و به محل اول خود برمی‌گردد.

هر زاویه‌ای که جبهه‌های موج با مرز دو محیط می‌سازند، زاویه پرتو با خط عمود هم همان است. بنابراین نمودار پرتوی مربوط به این سؤال مطابق شکل زیر است:



حال می‌توان طبق قانون عمومی شکست نوشت:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{0.6}{0.5} = \frac{6}{5}$$

ابتدا دوره تناوب را حساب می‌کنیم:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{4\pi} = \frac{1}{2} \text{ s}$$

مکان نوسانگر را نیز در $t_1 = \frac{1}{12} \text{ s}$ به دست می‌آوریم:

$$x = 0.02 \cos(4\pi \times \frac{1}{12}) = 0.02 \cos(\frac{\pi}{3}) = 0.01 \text{ s}$$

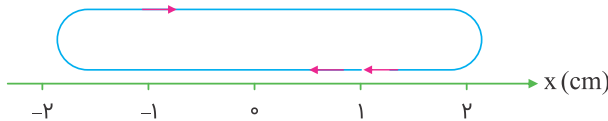
چون $\frac{1}{12} \text{ s}$ از $\frac{T}{4}$ کوچک‌تر است، پس نوسانگر در این لحظه در حال نزدیک شدن به مرکز نوسان است.



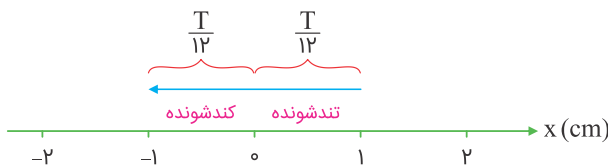
حالا باید ببینیم $(t_2 - t_1)$ چند برابر دوره تناوب است:

$$\frac{t_2 - t_1}{T} = \frac{\frac{7}{6} - \frac{1}{12}}{\frac{1}{2}} = \frac{13}{6} \Rightarrow t_2 - t_1 = 2T + \frac{T}{6}$$

یعنی نوسانگر در این مدت دو نوسان کامل انجام می‌دهد و $\frac{T}{6}$ دیگر هم به حرکت خود ادامه می‌دهد.



مطابق شکل در هر نوسان کامل، به مدت $2 \times \frac{T}{4}$ در حال نزدیک شدن به مرکز نوسان است و حرکت آن تندشونده است. پس در ۲ نوسان کامل، به مدت $4 \times \frac{T}{4}$ حرکت نوسانگر تندشونده است. از طرفی می‌دانیم در مدت $\frac{T}{6}$ نوسانگر از $+\frac{A}{2}$ به $-\frac{A}{2}$ می‌رسد که در مدتی که از $\frac{A}{2}$ به ۰ می‌رود حرکت آن تندشونده است.



بنابر این توضیحات، در مدت زمان گفته شده، نوسانگر به مدت $T + \frac{T}{12}$ حرکت تندشونده داشته است.

$$T + \frac{T}{12} = \frac{1}{2} + \frac{1}{24} = \frac{13}{24} \text{ s}$$

ابتدا طول موج تابش شده را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{2/25 \times 10^{15}} = \frac{4}{3} \times 10^{-7} \text{ m} = \frac{400}{3} \text{ nm}$$

حالا از رابطهٔ ریذبرگ استفاده می‌کنیم:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{3}{400} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} = \frac{3}{4}$$

با کمی دقت مشخص است که $n' = 1$ و $n = 2$ است.

دومین خط رشتهٔ براکت یعنی گذار الکترون از $n = 6$ به $n' = 4$ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda} &= R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \\ \frac{1}{\lambda} &= R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{16 \times 36}{20R} \end{aligned}$$

برای چهارمین خط رشتهٔ بالمر ($6 \Rightarrow 2$) می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda'} &= R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \lambda' = \frac{4 \times 36}{32R} \\ \frac{\lambda}{\lambda'} &= \frac{\frac{16 \times 36}{20R}}{\frac{4 \times 36}{32R}} = \frac{32 \times 16}{20 \times 4} = \frac{32}{5} \end{aligned}$$

روش اول: با توجه به یکنواخت بودن میدان و رابطهٔ $\Delta V = Ed$ می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{aligned} V_P - V_A &= E \times d \Rightarrow V_P - V_A = \frac{20}{5} \times 2 = 8V \\ V'_P - V_A &= E' \times d' \Rightarrow V'_P - V_A = \frac{20}{10} \times 2 = 4V \Rightarrow V'_P - V_P = -4V \end{aligned}$$

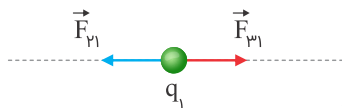
روش دوم: اختلاف پتانسیل دو صفحه، ثابت و برابر $20V$ است. فاصلهٔ نقطهٔ P تا صفحهٔ A ثابت و برابر 2 mm است.

$$\Delta V = Ed \Rightarrow \begin{cases} V_P - V_A = \frac{2}{5} \times 20 = 8V \\ V'_P - V_A = \frac{2}{10} \times 20 = 4V \end{cases} \Rightarrow V'_P - V_P = -4V$$

در آرایش‌های (۱) و (۳) با توجه به یکنواخت بودن میدان رابطهٔ $\Delta V = Ed$ ، می‌توانیم بنویسیم:

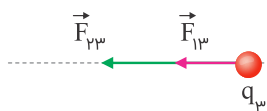
$$\begin{aligned} E_3 &> E_1 \\ d_3 &= d_1 \Rightarrow \Delta V_3 > \Delta V_1 : \text{فقط گزینهٔ ۱} \end{aligned}$$

با توجه به علامت بارها، نیروی خالص وارد بر q_1 و q_3 را به دست می‌آوریم:



$$F_{T_1} = F_{r1} - F_{r3}$$

$$= k \frac{q \times 2q}{x^2} - k \frac{q \times 4q}{9x^2} = \frac{kq^2}{x^2} \left(2 - \frac{4}{9} \right) = \frac{14}{9} k \frac{q^2}{x^2}$$



$$F_{T_3} = F_{r3} + F_{r1}$$

$$= k \frac{q \times 4q}{9x^2} + k \frac{2q \times 4q}{4x^2} = \frac{kq^2}{x^2} \left(\frac{4}{9} + 2 \right) = \frac{22}{9} k \frac{q^2}{x^2}$$

$$\Rightarrow \frac{F_{T_1}}{F_{T_3}} = \frac{\frac{14}{9} k \frac{q^2}{x^2}}{\frac{22}{9} k \frac{q^2}{x^2}} = \frac{14}{22} = \frac{7}{11}$$

بارهای q_1 و q_2 ناهمنام هستند بنابراین محل بار سوم خارج فاصله دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر (سمت چپ بار q_1) می‌باشد.

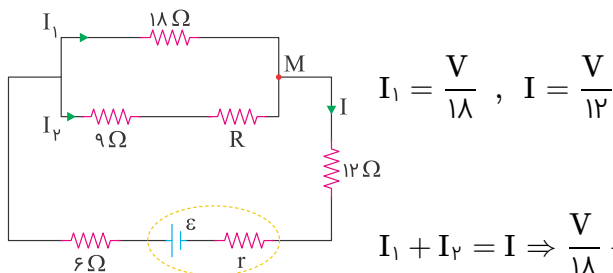
$$F_{r3} = F_{r2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{d^2} = \frac{|q_2|}{(x+d)^2} \Rightarrow \frac{q}{d^2} = \frac{9q}{(x+d)^2}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} \frac{1}{d} = \frac{3}{x+d} \Rightarrow d = \frac{x}{2}$$

q_1 بین بارهای q_2 و q_3 است و برای اینکه q_1 در تعادل باشد، باید q_2 و q_3 همنام باشند یعنی فقط گزینه ۴ درست است.

$$F_{r3} = F_{r1} \Rightarrow \frac{|q_3|}{\left(\frac{x}{2}\right)^2} = \frac{|q_2|}{x^2} \Rightarrow |q_3| = \frac{9q \times \frac{x^2}{4}}{x^2} \Rightarrow |q_3| = \frac{9}{4}q$$

با توجه به رابطه $R = \frac{V}{I}$ می‌توانیم بنویسیم:



برای محاسبه جریان کل می‌توان نوشت:

$$I_1 + I_2 = I \Rightarrow \frac{V}{18} + I_2 = \frac{V}{12} \Rightarrow I_2 = \frac{V}{12} - \frac{V}{18} = \frac{V}{36}$$

جریان I_1 دو برابر جریان I_2 است بنابراین مقاومت شاخه پایینی دو برابر مقاومت شاخه بالا است:

$$9 + R = 2 \times 18 \Rightarrow R = 36 - 9 = 27 \Omega$$

ولت سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری و دو سر مقاومت معادل مدار را نشان می‌دهد:

$$\begin{cases} V = R_{eq} I \\ I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \Rightarrow \varepsilon = R \times \frac{I_0}{r + R} \Rightarrow \varepsilon r + \varepsilon R = I_0 R \Rightarrow \varepsilon r = 4R \\ \Rightarrow r = \frac{4}{3} R \end{cases}$$

با بستن کلید مقاومت معادل مدار $\frac{R}{2}$ می‌شود:

$$V' = \frac{R}{2} \times \frac{\varepsilon}{r + \frac{R}{2}} = \frac{R}{2} \times \frac{\varepsilon}{\frac{4}{3}R + \frac{R}{2}} = \frac{R}{2} \times \frac{\varepsilon}{\frac{11R}{6}} = \frac{6}{11} \varepsilon = \frac{6}{11} \times 30 = \frac{36}{11} V$$

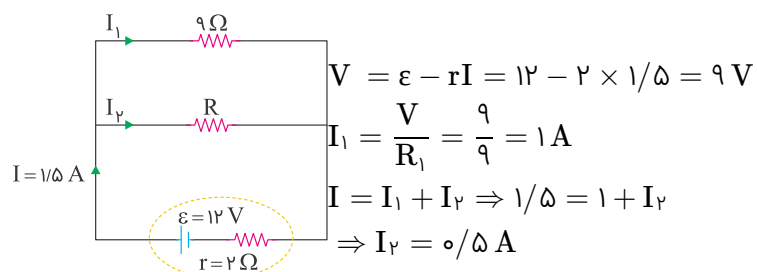
تمام مقاومت‌ها متوالی هستند، بنابراین آمپرسنج عبوری از تمام مقاومت‌ها را نشان می‌دهد. ابتدا مقاومت R را به دست می‌آوریم:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{0.8} = 15 \Omega$$

$$R_{eq} = R_1 + R + R_2 = 4 + 15 + 9 = 28 \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \Rightarrow 0.8 = \frac{\varepsilon}{2 + 28} \Rightarrow \varepsilon = 0.8 \times 30 = 24 V$$

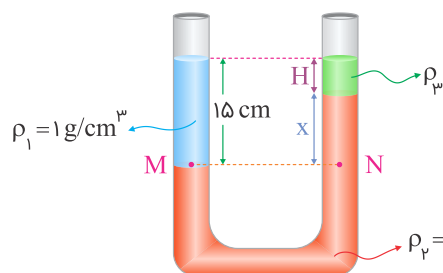
اختلاف پتانسیل دو سر مولد برابر با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R و 9Ω است:



$$P = VI = 9 \times 0/5 = 4/5 W$$

توجه: می‌توانستید اندازه R را محاسبه کنید و از رابطه‌های $P = RI^2$ یا $P = \frac{V^2}{R}$ استفاده کنید.

اگر ارتفاع مایع اضافه شده H باشد، وضعیت مایع‌ها به شکل زیر می‌شود:

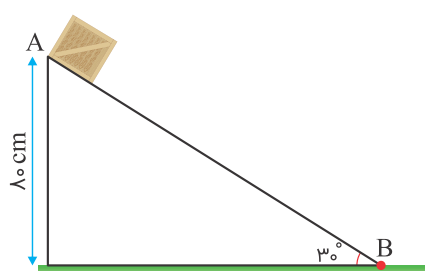


$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g x + \rho_3 g H$$

$$\Rightarrow 15 \times 1 = 1/3 \times x + 0/8 \times H$$

$$\xrightarrow{x=15-H} 15 = 1/3(15 - H) + 0/8 H \Rightarrow H = 9 \text{ cm}$$

$$V = AH = 1 \times 9 = 9 \text{ cm}^3$$



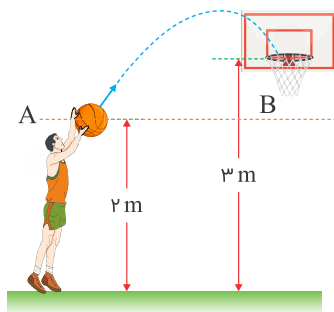
چون جسم از سرآشویی پایین آمده بنابراین کار نیروی وزن مثبت است. کار نیروی اصطکاک هم برابر با تغییر انرژی مکانیکی جسم است. مبدأ سنجش انرژی پتانسیل گرانشی، سطح زمین است. پس داریم:

$$W_{mg} = +mg\Delta h = 0/5 \times 10 \times 0/8 = 4 \text{ J}$$

$$E_B - E_A = W_f \Rightarrow (K_B + \cancel{U_B}) - (\cancel{K_A} + U_A) = W_f \Rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 - mgh_A = W_f$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 0/5 \times 3^2 - (0/5 \times 10 \times 0/8) = W_f \Rightarrow \frac{9}{2} - 4 = -1/10 \text{ J}$$

مبدأ سنجش انرژی پتانسیل گرانشی را نقطه پرتاب در نظر می‌گیریم. کار نیروی مقاومت هوا هم باعث تغییر انرژی مکانیکی می‌شود. بنابراین:



$$\begin{aligned}
 E_B - E_A &= W_f \Rightarrow K_B + U_B - (K_A + \cancel{U_A}) = -\frac{1}{\lambda} K_A \\
 \Rightarrow K_B + U_B &= \frac{\gamma}{\lambda} K_A \Rightarrow \frac{1}{\gamma} m v_B^2 + m g h_B = \frac{\gamma}{16} m v_A^2 \\
 \Rightarrow \frac{1}{\gamma} v_B^2 + 10 \times 1 &= \frac{\gamma}{16} \times 18^2 \Rightarrow \frac{1}{\gamma} v_B^2 = 18 \Rightarrow v_B^2 = 36 \Rightarrow v_B = 6 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

طول اولیه میله‌ها یکسان است بنابراین برای اینکه اختلاف طول میله‌ها به $\frac{1}{3}$ میلی‌متر برسد باید اختلاف تغییر طول آن‌ها برابر $\frac{1}{3} \text{ mm}$ شود:

$$\begin{aligned}
 \Delta L_{Cu} - \Delta L_{Fe} &= \frac{1}{3} \Rightarrow \alpha_1 L_1 \Delta \theta - \alpha_2 L_2 \Delta \theta = \frac{1}{3} \\
 \Rightarrow L_1 \Delta \theta (\alpha_1 - \alpha_2) &= \frac{1}{3} \Rightarrow 500 \Delta \theta (1/8 \times 10^{-5} - 1/2 \times 10^{-5}) = \frac{1}{3} \\
 \Rightarrow 500 \Delta \theta \times \frac{1}{6} \times 10^{-5} &= \frac{1}{3} \Rightarrow 3 \times 10^{-3} \Delta \theta = \frac{1}{3} \Rightarrow \Delta \theta = 100^\circ \text{C}
 \end{aligned}$$

از آنجا که دمای تعادل 5°C است هم آب 20°C و هم یخ -10°C باید به دمای تعادل 5°C برسند. بنابراین:

$$\text{آب } 20^\circ \text{C} \xleftarrow{Q_4} \text{آب } 5^\circ \text{C} \xrightarrow{Q_3} \text{آب } 0^\circ \text{C} \xrightarrow{Q_2} \text{یخ } 0^\circ \text{C} \xrightarrow{Q_1} \text{یخ } -10^\circ \text{C}$$

$$\begin{aligned}
 Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 &= 0 \\
 \Rightarrow m_1 c \Delta \theta_1 + m_1 L_F + m_1 c \Delta \theta_3 + m c \Delta \theta &= 0
 \end{aligned}$$

برای راحتی محاسبات گرما را بر حسب kJ می‌نویسیم:

$$\begin{aligned}
 (1 \times 2/1 \times 10) + (1 \times 336) + (1 \times 4/2 \times 5) + (m \times 4/2 \times -15) &= 0 \\
 \xrightarrow{\div 21} 1 + 16 + 1 - 3m &= 0 \Rightarrow m = \frac{18}{3} = 6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$