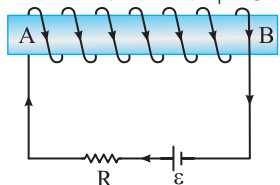
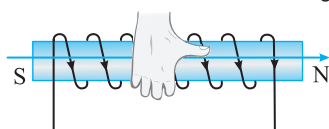


پاسخ تشریحی آزمون‌های سراسری ۱۴۰۱

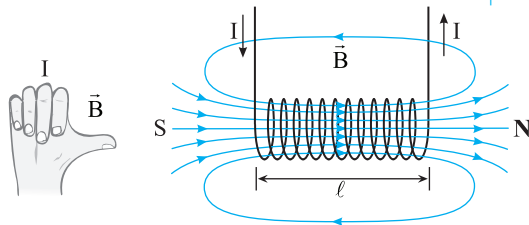
جهت جریان را مشخص می‌کنیم جریان ساعتگرد است.



با توجه قاعده دست راست جهت میدان درون سیمولوله را مشخص می‌کنیم، چهار انگشت دست راست را در سوی جریان سیمولوله می‌چرخانیم، در این حالت انگشت باز شست دست راست جهت راست را نشان می‌دهد که جهت میدان مغناطیسی است و قطب N نیز در همین سمت است.

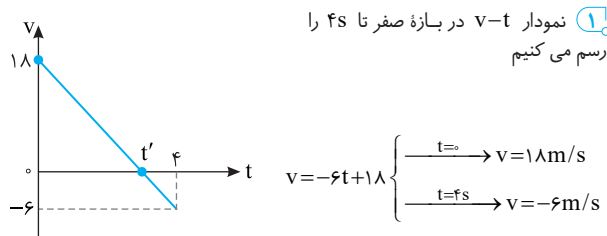


یادآوری: قاعده دست راست برای جهت میدان مغناطیسی در سیمولوله حامل جریان.



B ۱۷۷۶

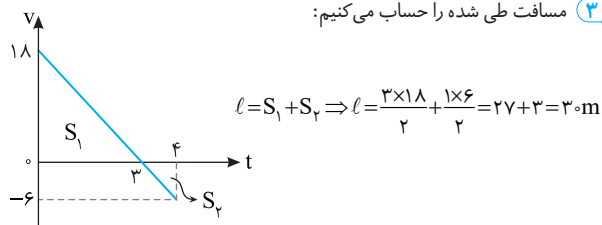
خط‌فکری: برای به دست آوردن تندی متوسط و یا مسافت طی شده بهتر است نمودار سرعت - زمان $(v-t)$ متحرک را رسم کرده و از سطح زیر نمودار کمک گرفت.



۲: لحظه t' لحظه تغییر جهت حرکت متحرک یعنی لحظه‌ای که $v=0$ است:

$$v = -6t + 18 \xrightarrow{v=0} -6t' + 18 = 0 \Rightarrow t' = 3 \text{ s}$$

۳: مسافت طی شده را حساب می‌کنیم:



۴: تندی متوسط برابر است با: $s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \Rightarrow s'_{av} = \frac{30}{6} = 5 \text{ m/s}$

B ۱۷۷۷

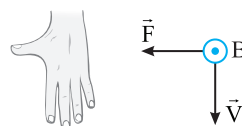
خط‌فکری: بازه زمانی t_1 تا $t_2 = t_1 + 16 \text{ (s)}$ یعنی کل مدت مورد بررسی ۱۶ s است. و در این ۱۶ s، متحرک ۴۰۰ m جابه‌جا شده است. بنابراین نصف این مسیر یعنی ۲۰۰ m را در ۴ s و ۲۰۰ متر بعدی را در ۱۲-۴=۱۶ طی کرده است. از این رو کافی شما از معادله جابه‌جایی - مکان در حرکت با شتاب ثابت یک بار در ۴ s و بار دیگر در کل مدت ۱۶ s استفاده کنید.

داخل تجربی ۱۴۰۱

A ۱۷۷۱

امواج مکانیکی برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند. امواج صوتی از نوع امواج مکانیکی هستند بنابراین برای انتشار نیاز به محیط مادی دارند. پرتوهای X، رادیویی و فروسرخ از جنس امواج الکترومغناطیسی بوده و می‌توانند در خلأ منتشر شوند و برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند.

A ۱۷۷۲



با توجه به قاعده دست راست، چهار انگشت باز دست راست را در جهت V رو به پایین گرفته به صورتی که انگشت باز شست دست جهت نیرو به سمت چپ را نشان دهد در این صورت کف دست شما رو به بیرون صفحه کاغذ بوده و جهت میدان را نشان می‌دهد یعنی میدان مغناطیسی برونسو است اما بار ذره منفی بوده (بار الکترون) پس جهت به دست آمده با قاعده دست راست را وارون کرده و جهت میدان مغناطیسی درونسو می‌شود.

B ۱۷۷۳

خط‌فکری: برای حل این تست باید تک‌تک گزینه‌ها بررسی شود و اگر شانس بیاوریم و گزینه (۱) درست باشد دیگر نیازی به بررسی بقیه گزینه‌ها نیست. برای بررسی هر گزینه باید یک رابطه ریاضی که در آن کمیت مورد نظر وجود دارد را به کار ببرید.

برای میدان مغناطیسی استفاده از رابطه نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی بهترین انتخاب است.

$$F = I\ell B \sin \theta$$

یکای فرعی نیرو kgm/s^2 ، یکای جریان آمپر (A) یکای طول (m) و نسبت‌های مثلثاتی یکا ندارند از این‌رو:

$$\text{kgm/s}^2 = A \cdot m [B] \Rightarrow [B] = \frac{\text{kg}}{\text{As}^2}$$

بنابراین نیازی به بررسی گزینه‌های دیگر نیست.

A ۱۷۷۴

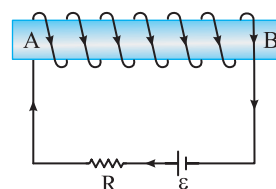
یادآوری: انرژی الکترون در ترازهای اتم هیدروژن از رابطه $E_n = \frac{-E_R}{n^2}$ به دست می‌آید.

در اتم هیدروژن $n=1$ تراز پایه، $n=2$ اولین حالت برانگیخته و تراز $n=3$ دومین حالت برانگیخته است، انرژی در دو حالت را می‌نویسیم و بر هم تقسیم می‌کنیم:

$$E_A = \frac{-E_R}{n^2} \Rightarrow \begin{cases} E_3 = \frac{-E_R}{3^2} = \frac{-E_R}{9} \\ E_1 = \frac{-E_R}{1^2} = -E_R \end{cases} \Rightarrow \frac{E_3}{E_1} = \frac{\frac{-E_R}{9}}{-E_R} = \frac{1}{9}$$

A ۱۷۷۵

نکته: سوی جریان در مدار خارجی یک باتری از پایانه مثبت به سوی پایانه منفی است.



۲. سرعت در لحظه $t=1.5$ s را حساب می‌کنیم

$$v_1 = at + v_0 \Rightarrow v_1 = 2 \times 1.5 - 6 \Rightarrow v_1 = 2.0 \text{ m/s}$$

۳. سرعت $v_1 = 2.0 \text{ m/s}$ سرعت اولیه قسمت دوم حرکت و مکان $x_1 = 7.5 \text{ m}$

مکان اولیه این قسمت است بنابراین می‌توان به کمک معادله مکان - زمان مکان در $t = 3.5$ s را حساب کرد.

$$x_p = \frac{1}{2} a_p t_p^2 + v_1 t + x_1 \Rightarrow x_p = \frac{1}{2} \times (-1) \times (2)^2 + 2.0 \times 2.0 + 7.5$$

$$x_p = -2.0 + 4.0 + 7.5 \Rightarrow x_p = 27.5 \text{ m} \Rightarrow \vec{x}_p = 27.5 \hat{i}$$

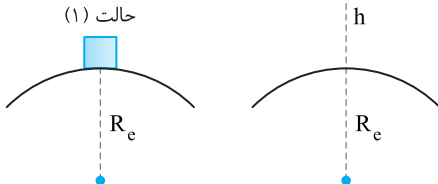
۱۷۸۰

شتاب گرانش ۹۹ درصد کاهش یافته:

$$g' = g - \frac{99}{100} g \Rightarrow g' = \frac{1}{100} g$$

شتاب گرانش از رابطه $g = G \frac{M_e}{r^2}$ به دست می‌آید که r فاصله از مرکز زمین است

حالت (۲)

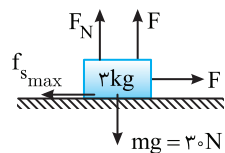


$$\frac{GM_e}{(h+R_e)^2} = \frac{1}{100} \frac{GM_e}{R_e^2}$$

$$\left(\frac{R_e}{h+R_e}\right)^2 = \frac{1}{100} \Rightarrow \frac{R_e}{h+R_e} = \frac{1}{10} \Rightarrow 10R_e = h+R_e \Rightarrow h=9R_e$$

۱۷۸۱

B



حالت اول: جسم در آستانه حرکت بوده و

نیروی اصطکاک آن نیروی اصطکاک ایستایی

بیشینه $f_{s \max}$ است:

نیروی عمودی سطح را به دست می‌آوریم:

$$F + F_N = mg \text{ در راستای قائم جسم حرکت نمی‌کند}$$

$$\Rightarrow F_N = 30 - F$$

$$F = f_{s \max} \text{ در راستای افقی جسم در آستانه حرکت بوده و هنوز حرکت نکرده}$$

$$\frac{f_{s \max} = \mu_s F_N}{F_N = 30 - F} \Rightarrow F = \mu_s (30 - F) \xrightarrow{\mu_s = 0.5} F = 0.5(30 - F)$$

$$\Rightarrow F + 0.5F = 15 \Rightarrow 1.5F = 15 \Rightarrow F = 10 \text{ N}$$

حالت دوم: هر کدام از نیروهای F .

۴ N کاهش یافته و $F = 10 \text{ N}$ به

۶ N می‌رسد، دقت کنید که چون

نیروی در راستای قائم کاهش یافته

پس F_N افزایش می‌یابد و نیروی

F افقی نیز کاهش یافته، در واقع در قسمت قبلی با نیروی 10 N و نیروی عمودی سطح

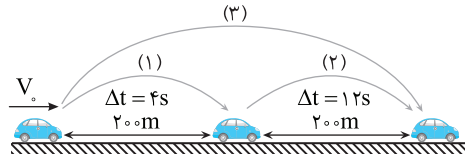
$20 \text{ N} - 10 \text{ N} = 10 \text{ N}$ جسم در آستانه حرکت بوده پس در این حالت که نیروی افقی

$F' = 6 \text{ N}$ شده و نیروی عمودی سطح $F'_N = 30 - 6 = 24 \text{ N}$ افزایش یافته جسم

همچنان ساکن می‌ماند و نیروی اصطکاک برابر نیروی F' است.

$$F' = f_s \Rightarrow f_s = 6 \text{ N}$$

مسیر حرکت را رسم می‌کنیم و با توجه به اینکه جابه‌جایی متحرک در زمان‌های مختلف داده شده است. برای مسیرهای (۱) و (۳) معادله $\Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t$ را می‌نویسیم.



$$(1) \Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \Rightarrow 200 = \frac{1}{2} a (4)^2 + 4 v_0 \Rightarrow 200 = 8a + 4v_0 \quad (I)$$

$$(3) \Delta x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t \Rightarrow 400 = \frac{1}{2} a (16)^2 + 16 v_0 \Rightarrow 400 = 128a + 16v_0 \quad (II)$$

حال با حل دستگاه دو معادله دو مجهول شتاب حرکت را حساب می‌کنیم

$$\begin{cases} -4(8a + 4v_0 = 200) \\ 128a + 16v_0 = 400 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -32a - 16v_0 = -800 \\ 128a + 16v_0 = 400 \end{cases} \xrightarrow{+} 96a = -400$$

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

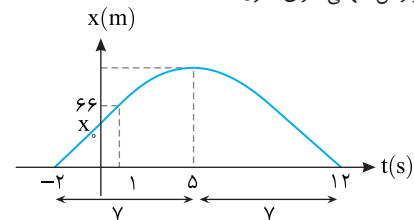
$$|a| = \frac{25}{6} \text{ m/s}^2$$

بزرگی شتاب خواسته شده است از این‌رو:

۱۷۷۸

C

نمودار مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت یک سهمی است و سهمی نسبت به محور گذرا از رأس سهمی دارای تقارن است.



با توجه به نمودار ریشه‌های این سهمی $t = 12 \text{ s}$ و $t = -2 \text{ s}$ است. بنابراین معادله آن خواهد شد:

$$x = A(t - 12)(t + 2)$$

باید مختصات $t = 1 \text{ s}$ و $x = 66 \text{ m}$ در این معادله صدق کند.

$$66 = A(1 - 12)(1 + 2) \Rightarrow A = -2$$

معادله را کامل می‌کنیم.

$$x = -2(t - 12)(t + 2)$$

اکنون کافی است که در این معادله $t = 0$ را قرار داده و مکان اولیه را حساب کنیم:

$$x_0 = -2(0 - 12)(0 + 2) \Rightarrow x_0 = 48 \text{ m}$$

۱۷۷۹

B

نمودار شتاب - زمان، اطلاعات خاصی از حرکت به ما نمی‌دهد بنابراین

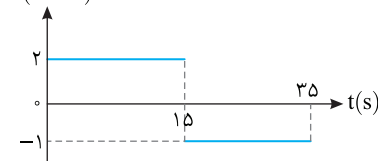
از نقاط روی نمودار استفاده کرده و به کمک روابط حرکت با شتاب ثابت مسئله را حل می‌کنیم. سرعت و مکان متحرک در $t = 2 \text{ s}$ به ما داده شده است با استفاده از آن‌ها و با

توجه به اینکه در بازه 2 s تا 1.5 s شتاب ثابت و 12 m/s^2 است مکان و سرعت

متحرک در $t = 1.5 \text{ s}$ را حساب کرده سپس در بازه 1.5 s تا 3.5 s نیز به کمک معادله

مکان - زمان حرکت با شتاب ثابت مکان در $t = 3.5 \text{ s}$ را به دست می‌آوریم.

۱. در لحظه $t = 2 \text{ s}$.



مکان -6 m و سرعت

2 m/s^2 است بنابراین

مکان در لحظه $t = 1.5 \text{ s}$

خواهد شد:

$$x = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0 \Rightarrow x_1 = \frac{1}{2} \times 12 \times (1.5)^2 + (-6) \times 1.5 + (-16)$$

$$x_1 = 16.9 + (-7.8) - 16 \Rightarrow x_1 = 7.5 \text{ m}$$

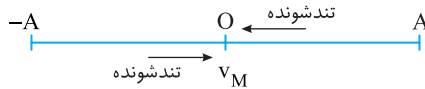
۲. حال با توجه به قانون شکست عمومی:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{0.6}{0.5} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{6}{5}$$

۱۷۸۵

نکته: در مدت یک دوره، $\frac{T}{2}$ ثانیه حرکت تندشونده است.

نکته: هرگاه نوسانگر در حال حرکت به سوی حالت تعادل باشد حرکت تندشونده است.



۱. با توجه به معادله حرکت $x = 0.2 \cos 4\pi t$ دوره را حساب می‌کنیم.

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

۲. بازه زمانی $t_1 = \frac{1}{12} s$ تا $t_2 = \frac{1}{6} s$ را با دوره مقایسه می‌کنیم.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{1}{6} \Rightarrow \frac{\Delta t}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{6} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{12} T = \frac{1}{24} s$$

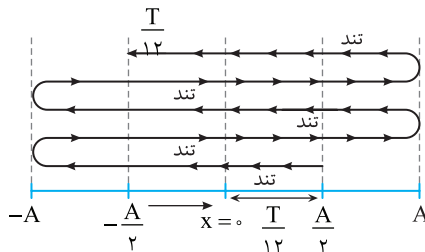
۳. در بازه $2T$ به مدت نصف بازه یعنی T حرکت تند شونده است.

۴. اما در مدت $\frac{T}{6}$ چگونه است؟ برای این منظور مکان نوسانگر در ابتدای بازه

$(t = \frac{1}{12} s)$ را باید مشخص کنیم.

$$x = 0.2 \cos 4\pi(\frac{1}{12}) \Rightarrow x = 0.2 \cos \frac{\pi}{3} \Rightarrow x = 0.1 m \Rightarrow x = \frac{1}{10} A$$

۵. مسیر حرکت را مشخص می‌کنیم.



۶. با توجه به مسیر در مدت حرکت از $\frac{A}{2}$ تا $x=0$ ، حرکت تندشونده و در

مدت $2T$ بعدی نیز به مدت T حرکت کندشونده است یعنی در کل زمان حرکت

$$\Delta t = T + \frac{T}{2} = \frac{3T}{2} = \frac{3}{2} \times \frac{1}{2} s = \frac{3}{4} s$$

تندشونده خواهد شد:

۱۷۸۶

خط فکری: در حل این نوع مسائل ابتدا باید طول موج را حساب کنید. سپس به کمک رابطه ریذریگ n و n' را به دست بیاورید اما در اغلب این مسائل شما باید در واقع n و n' را حدس بزنید. برای این منظور از گزینه‌ها کمک بگیرید.

۱. ابتدا طول موج بسامد 2.5×10^{15} هرتز را حساب می‌کنیم:

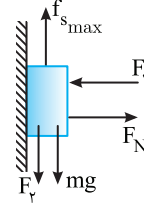
$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{2.5 \times 10^{15}} \Rightarrow \lambda = \frac{10^{-7}}{0.75} \Rightarrow \lambda = \frac{4}{3} \times 10^{-7} m = \frac{400}{3} nm$$

۲. حال به کمک معادله ریذریگ n و n' را به دست می‌آوریم

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

با توجه به گزینه‌ها مشخص می‌شود که $n=2$ و $n'=1$ است.

۱۷۸۲



۱. ابتدا نیروهای وارد بر قطعه چوب را رسم می‌کنیم.

دقت کنید قطعه چوب در آستانه لغزش رو به پایین قرار دارد و در نتیجه نیروی اصطکاک بیشینه $(f_{s \max})$ و رو به

بالا است:

۲. نیروی اصطکاک آستانه حرکت را حساب می‌کنیم.

$$F_{\text{nety}} = 0 \Rightarrow f_{s \max} = F_1 + mg \Rightarrow \frac{f_{s \max}}{F_1 = 3/5 N, m = 2/5 kg} \Rightarrow f_{s \max} = 3/5 + 2/5 = 6/5 N$$

۳. نیرویی که دیوار به چوب وارد می‌کند از رابطه $R = \sqrt{F_{s \max}^2 + F_N^2}$ به دست

می‌آید نیروی عمودی سطح خواهد شد.

$$R = \sqrt{F_{s \max}^2 + F_N^2} \Rightarrow 10 = \sqrt{6^2 + F_N^2} \Rightarrow 100 = 36 + F_N^2 \Rightarrow F_N = 8 N$$

۴. $f_{s \max}$ برابر $\mu_s F_N$ است:

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

۱۷۸۳

خط فکری: ابتدا دوره حرکت را به دست می‌آوریم.

با توجه به شکل:

$$\Delta \lambda = 2\Delta \Rightarrow \lambda = 20 cm = 0.2 m$$

$$\lambda = vT \Rightarrow \frac{2}{10} = 10 \times T \Rightarrow T = 0.2 s$$

حال برای بررسی گزاره (الف) دقت کنید که گفته شده مسافتی که موج در هر ثانیه طی می‌کند، با توجه اینکه سرعت انتشار موج $10 m/s$ است پس این مسافت برابر است با:

$$\Delta x = vt = 10 \times 1 = 10 m$$

پس گزاره (الف) نادرست است.

گزاره (ب): هر ذره از محیط در مدت یک نوسان، مسافت $4A$ را طی می‌کند. بنابراین با توجه به اینکه $T = 0.2 s$ است، در 10 ثانیه تعداد نوسان‌های هر ذره از محیط

$$N = \frac{t}{T} = \frac{10}{0.2} = 50$$

برابر است با:

و ذره مسافت $2A$ یعنی $40 cm$ را طی می‌کند و این گزاره درست است.

گزاره (پ) در مورد جابه‌جایی است. اگر ذره‌ای در نقطه تعادل باشد بعد از $10 s$ یعنی $\frac{T}{2}$ مجدداً در نقطه تعادل است و جابه‌جایی‌اش صفر است. و اگر ذره‌ای در مکان

بیشینه باشد پس از $\frac{T}{2}$ در مکان کمینه قرار دارد و جابه‌جایی آن برابر $2A$ خواهد شد.

پس جابه‌جایی بستگی به مکان اولیه ذره دارد و این گزاره نادرست است.

بررسی گزاره (ت): $10 s$ برابر یک دوره است و جابه‌جایی هر ذره در مدت یک دوره همواره برابر صفر است. پس گزاره‌های (ب) و (ت) درست‌اند.

۱۷۸۴

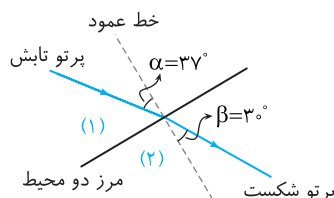
خط فکری: برای به دست آوردن نسبت سرعت‌ها در دو محیط (v_1/v_2) باید از

قانون شکست عمومی استفاده کنید. اما قبل از آن باید زاویه تابش (θ_1) و زاویه شکست (θ_2) را به کمک شکل مشخص کنید.

نکته: زاویه‌ای که جبهه موج با مرز بین دو محیط می‌سازد برابر زاویه‌ای است که پرتو آن با خط عمود بر مرز می‌سازد.

۱. با توجه به نکته بالا نمودار

پرتویی به صورت روبه‌رو بوده و زاویه تابش و زاویه شکست به ترتیب برابر $\theta_1 = 37^\circ$ و $\theta_2 = 3^\circ$ است.



بوده و میدان قوی‌تر است. با توجه به شکل تراکم خطوط از A تا B در شکل (۳) بزرگتر از شکل (۲) و در شکل (۲) بزرگتر از شکل (۱) است. بنابراین:

$$\Delta V_p = E_p d \cos \theta$$

$$\Delta V_p = E_p d \cos \theta \xrightarrow{E_p > E_p > E_1} \Delta V_p > \Delta V_p > \Delta V_1$$

$$\Delta V_1 = E_1 d \cos \theta$$

نیروهای وارد بر q_1 را حساب می‌کنیم. بار q_1 و q_2 همنام بوده و یکدیگر را دفع می‌کنند و بارهای q_1 و q_3 ناهمنام بوده و یکدیگر را جذب می‌کنند. به کمک قانون کولن نیروها را به دست می‌آوریم.

$$F_{r1} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = k \frac{q_1^2}{x^2} \quad F_{r1} = k \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = k \frac{q_1^2}{4x^2}$$

دو نیرو خلاف جهت هم‌اند و اندازه نیروی خالص وارد بر q_1 برابر تفاضل F_{r1} و F_{r3} است:

$$F_1 = F_{r1} - F_{r3} = 2k \frac{q_1^2}{x^2} - k \frac{q_1^2}{4x^2} = \frac{14}{9} k \frac{q_1^2}{x^2}$$

نیروهای وارد بر q_3 را حساب می‌کنیم. بنا به قانون سوم نیوتن نیرویی که q_3 به q_1 وارد می‌کند با نیرویی که q_1 به q_3 وارد کرده برابر است. از این‌رو اندازه F_{13} نیز برابر $\frac{4}{9} k \frac{q_1^2}{x^2}$ است:

$$F_{r3} = k \times \frac{2q_1 \times 4q_1}{4x^2} = 2k \frac{q_1^2}{x^2}$$

دو نیرو هم‌جهت‌اند:

$$F_3 = F_{r3} + F_{13} = 2k \frac{q_1^2}{x^2} + \frac{4}{9} k \frac{q_1^2}{x^2} = \frac{22}{9} k \frac{q_1^2}{x^2}$$

حال نسبت F_1 به F_3 را حساب می‌کنیم:

$$\frac{F_1}{F_3} = \frac{\frac{14}{9} k \frac{q_1^2}{x^2}}{\frac{22}{9} k \frac{q_1^2}{x^2}} = \frac{14}{22} = \frac{7}{11}$$

روش دیگر:

در حل این نوع مسائل می‌توانید نیرویی که دو بار الکتریکی یکسان q_1 در فاصله x بر هم وارد می‌کنند را $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ فرض کنیم و با توجه به قانون کولن $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ ، نیروهای دیگر را بر حسب F به دست آوریم.

نیرویی که بار $q_2 = 2q_1$ بر بار q_1 در فاصله x وارد می‌کند برابر $F_{r1} = 2F$ و نیرویی که بار $q_3 = 4q_1$ در فاصله $3x$ وارد می‌کند برابر $F_{r3} = \frac{4F}{9}$ و نیروی خالص وارد بر q_1 خواهد شد:

$$F_1 = 2F - \frac{4F}{9} \Rightarrow F_1 = \frac{18F - 4F}{9} \Rightarrow F_1 = \frac{14}{9} F$$

نیرویی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند بنا به قانون سوم نیوتن هم‌اندازه نیرویی است که بار q_3 به بار q_1 وارد می‌کند.

نیرویی که بار $q_2 = 2q_1$ بر بار $q_3 = 4q_1$ در فاصله $2x$ وارد می‌کند $F_{r3} = 2F$ و نیروی خالص وارد بر F_3 خواهد شد:

$$\frac{F_1}{F_3} = \frac{\frac{14}{9} F}{\frac{22}{9} F} = \frac{7}{11}$$

نسبت F_1/F_3 خواهد شد:

رشته پراک $n' = 4$ است و دومین خط آن یعنی گذار از $n = 6$ به $n = 4$ است.

$$n' = 4, n = 5 \quad \text{اولین خطرشته پراکت}$$

$$n' = 4, n = 6 \quad \text{دومین خطرشته پراکت}$$

طول موج این خط طیف را از رابطه ریدبرگ بر حسب R حساب می‌کنیم.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{36} \right) = R \left(\frac{9-4}{144} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \frac{\Delta R}{144} \Rightarrow \lambda = \frac{144}{\Delta R}$$

رشته بالمر $n' = 2$ بوده و چهارمین خط آن یعنی گذار از $n = 6$ به $n = 2$ چهارمین خطرشته بالمر سومین خطرشته بالمر دومین خطرشته بالمر اولین خطرشته بالمر

$$n' = 2, n = 3 \quad n' = 2, n = 4 \quad n' = 2, n = 5 \quad n' = 2, n = 6$$

طول موج این خط طیف را نیز به کمک رابطه ریدبرگ حساب می‌کنیم.

$$\frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{36} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda'} = R \left(\frac{9-1}{36} \right) \Rightarrow \lambda' = \frac{144}{32R}$$

حال نسبت $\frac{\lambda}{\lambda'}$ را به دست می‌آوریم:

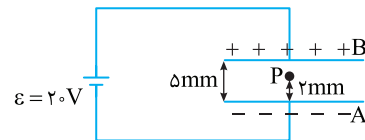
$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\Delta R}{144} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{32}{5}$$

$$n' = n', \quad n = m + n'$$

میانبر m امین خط رشته n' یعنی:

اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در میدان الکتریکی یکنواخت برابر $\Delta V = Ed$ است که در آن d فاصله دو نقطه در امتداد خطوط میدان است.

دو صفحه خازن به باتری متصل است و اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت و برابر $20V$ است. اختلاف پتانسیل بین نقطه P و صفحه منفی A برابر $V_P - V_A = Ed_{AP}$ است. که E میدان الکتریکی بین صفحات است. با دور شدن صفحه B فاصله A و P از هم تغییر نکرده و $2mm$ می‌ماند اما میدان الکتریکی تغییر می‌کند:



در هر حالت میدان الکتریکی را حساب می‌کنیم.

$$+++++B \quad \text{حالت اول: } E_1 = \frac{V}{d_1} = \frac{20}{1 \times 10^{-3}} = 20000 \frac{V}{m}$$

$$+++++B \quad \text{حالت دوم: } E_2 = \frac{V}{d_2} = \frac{20}{1.5 \times 10^{-3}} = 13333 \frac{V}{m}$$

اختلاف پتانسیل بین P و A در هر حالت خواهد شد:

$$\Delta V_{AP} = V_P - V_A \rightarrow 4000 \times 2 \times 10^{-3} = V_P - V_A \rightarrow V_P = 8 - V_A$$

$$\Delta V'_{AP} = V'_P - V_A \rightarrow 2000 \times 2 \times 10^{-3} = V'_P - V_A \rightarrow V'_P = 4 + V_A$$

بنابراین پتانسیل نقطه P $4V$ کاهش یافته است.

در جابه‌جایی در جهت خطوط میدان پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد.

با توجه به سؤال از B تا A در خلاف جهت خطوط میدان ذره جابه‌جا شده و $V_A > V_B$ است پس $V_A - V_B$ مثبت است.

اختلاف پتانسیل الکتریکی از رابطه $\Delta V = Ed \cos \theta$ به دست می‌آید.

هرچه تراکم خطوط میدان الکتریکی بیشتر، اندازه میدان الکتریکی بیشتر

۱۷۹۷ B

پیداوی

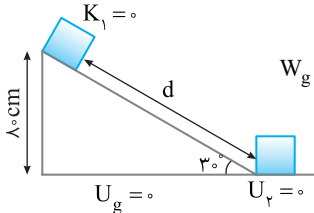
کار نیروی وزن برابر $W_g = \pm mgh$ است که اگر جسم بالا رود.

$W_g < 0$ و اگر جسم پایین بیاید $W_g > 0$ است.

۱ کار نیروی وزن را حساب می‌کنیم. جسم از سطح شیب‌دار پایین آمده و W_g

مثبت است.

$$W_g = mgh \rightarrow W_g = \frac{50}{1000} \times 10 \times \frac{80}{100} = 4 \text{ J}$$



۲ با توجه به پایداری انرژی

می‌توان نوشت:

$$E_f - E_i = W_f \rightarrow U_f + K_f - (U_i + K_i) = W_f$$

جسم از ارتفاع ۸۰ cm رها شده ($v_i = 0$) پس U_i برابر mgh_i بوده که

است و $K_i = 0$ برابر ۰ است. هنگام رسیدن به زمین U_f صفر است. بنابراین:

$$K_f - U_i = W_f \Rightarrow \frac{1}{2} m (v_f)^2 - mgh_i = W_f \rightarrow \frac{1}{2} \times 50 \times 10 \times \frac{80}{1000} = 4$$

$$W_f \rightarrow 2/25 - 4 = W_f \rightarrow W_f = -1/25 \text{ J}$$

چون در گزینه‌ها مقدار W_f که داده شده متفاوت است، پس تنها کافی

است W_f را حساب کنیم.

۱۷۹۸ C

پیداوی

۱ انرژی مکانیکی در لحظه پرتاب را

به دست می‌آوریم:

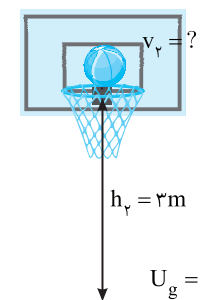
(سطح زمین را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی

در نظر می‌گیریم.)

$$E_i = K_i + U_i \Rightarrow E_i = \frac{1}{2} m v_i^2 + mgh_i$$

$$E_o = K_o + U_o \Rightarrow E_o = \frac{1}{2} m \times 64 + m \times g \times 2$$

$$\rightarrow E_i = 32m + 20m \Rightarrow E_i = 52m$$



۲ انرژی مکانیکی در لحظه رسیدن به سبد را

به دست می‌آوریم:

$$E_f = K_f + U_f \rightarrow E_f = \frac{1}{2} m v_f^2 + mg \times 3 \rightarrow$$

$$E_f = \frac{1}{2} m v_f^2 + 30m$$

۳ بنا به فرض مسئله کار نیروی مقاومت هوا خواهد شد:

$$W_f = -\frac{1}{8} K_o \Rightarrow W_f = -\frac{1}{8} (\frac{1}{2} m v_i^2) \Rightarrow W_f = -\frac{1}{16} m (8)^2 \rightarrow W_f = -4m$$

۴ قانون پایداری انرژی را نوشته و v_f را حساب می‌کنیم.

$$E_f - E_i = W_f \Rightarrow K_f + U_f - E_i = W_f$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m v_f^2 + mgh_f - E_i = -4m \Rightarrow \frac{1}{2} m v_f^2 + 30m - 52m = -4m$$

$$\frac{1}{2} v_f^2 + 30 - 52 = -4 \Rightarrow \frac{1}{2} v_f^2 = 18 \rightarrow v_f^2 = 36 \rightarrow v_f = 6 \text{ m/s}$$

۱۷۹۹ B

پیداوی

طول اولیه دو میله یکسان و افزایش دمای آن‌ها نیز برابر است. پس هر

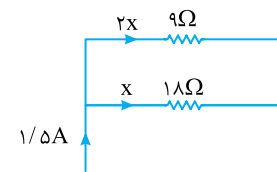
میله‌ای که ضریب انبساط طولی بیشتری دارد، افزایش طول بیشتری خواهد داشت.

ضریب انبساط طولی مس بیشتر از آهن است و افزایش طول میله مس بیشتر از میله

آهنی خواهد شد و برای اینکه اختلاف طول دو میله 3 mm باشد باید افزایش طول

پیداوی جریان در مقاومت‌های موازی به نسبت وارون مقدار مقاومت تقسیم

می‌شود.



۳ جریان عبوری از مقاومت 18Ω را

x بگیرد، جریان مقاومت 9Ω برابر

می‌شود: $2x$

$$x + 2x = 1/5 \text{ A} \rightarrow 3x = 1/5 \rightarrow x = 1/15 \text{ A}$$

۴ توان مصرفی مقاومت 18Ω برابر است با:

$$P = RI^2 \rightarrow P = 18 \times (1/15)^2 \rightarrow P = 18 \times \frac{1}{225} = 4/25 \text{ W}$$

۱۷۹۶ C

پیداوی

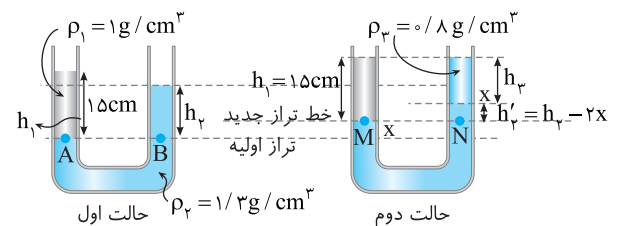
شکل دو حالت مسئله را کنار هم رسم می‌کنیم. در حالت اول خط تراز را

می‌کشیم تا ارتفاع h_p را حساب کنیم. وقتی مایع ρ_p را به شاخه سمت راست اضافه

می‌کنیم. مایع ρ_p به اندازه x در سمت راست پایین می‌رود و به همین اندازه مطابق

شکل در سمت چپ بالا می‌رود. از این‌جا به بعد شما با مقایسه دو شکل باید مقدار x و

h_p را حساب کنید.



۱ خط تراز در حالت اول را رسم می‌کنیم. فشار نقاط A و B واقع بر خط تراز یکسان

است.

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow 1 \times 15 = 0.8 h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{15}{0.8} = 18.75 \text{ cm}$$

۲ مایع ρ_p به شاخه سمت راست اضافه شده تا سطح آزاد مایع در دو شاخه برابر

شود. در این حالت مجدداً خط تراز را رسم می‌کنیم. فشار نقاط M و N برابر است. فشار

در نقطه M، فشار ستون 15 cm مایع ρ_1 است و فشار در نقطه N مجموع فشار ستون

h_p مایع ρ_p و فشار ستون $h'_p = \frac{15}{13} - 2x$ مایع ρ_p است از این‌رو می‌توان نوشت:

$$\rho_M = \rho_N \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_p h_p + \rho_p h'_p \Rightarrow 1 \times 15 = 0.8 h_p + 1/2 (\frac{15}{13} - 2x)$$

$$15 = 0.8 h_p + 15 - 2/6 x \Rightarrow 0.8 h_p = 2/6 x \Rightarrow x = \frac{4}{13} h_p$$

۳ اکنون باید به دقت به شکل حالت دوم و اعداد روی شاخه راست و چپ دقت

کنید. h_1 با مجموع h_p و h'_p برابر است.

$$h_1 = h'_p + h_p \Rightarrow 15 = (\frac{15}{13} - 2x) + h_p \Rightarrow h_p - 2x = 15 - \frac{15}{13} = \frac{45}{13}$$

۴ از رابطه (I) در رابطه بالا جایگذاری می‌کنیم

$$\frac{45}{13} = h_p - \frac{4}{13} h_p \Rightarrow \frac{5}{13} h_p = \frac{45}{13} \Rightarrow h_p = 9 \text{ cm}$$

حجم مایع اضافه شده خواهد شد:

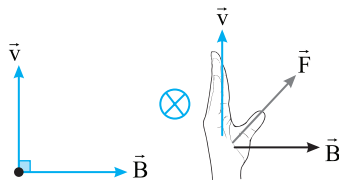
$$V_p = A h_p = 1 \times 9 = 9 \text{ cm}^3$$

بالا خیره تموم شد، عجب محاسبات عددی و خسته‌کننده! پس باید محاسبات

عددی خودمون رو به شدت تقویت کنیم.

۱۸۰۲ A

پیداوی برای به دست آوردن جهت نیروی مغناطیسی وارد بر یک ذره باردار مثبت چهار انگشت باز دست راست را در جهت $\vec{v}$ قرار داده به طوریکه کف دست در جهت میدان مغناطیسی باشد، در این صورت شصت دست راست جهت نیروی مغناطیسی را نشان می‌دهد، البته اگر بار ذره منفی باشد، جهت به دست آورده را قرینه می‌کنیم و یا از ابتدا از دست چپ استفاده می‌کنیم.

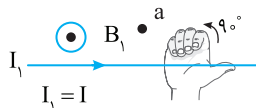


چون بار الکترون منفی است، جهت نیرو قرینه شده و برونسو است.

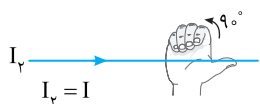
۱۸۰۳ B

پیداوی برای به دست آوردن جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان، انگشت باز شصت دست راست را در جهت جریان قرار می‌دهیم به گونه‌ای که چهار انگشت دست راست در جهت خط واصل بین سیم و نقطه‌ای که میدان در آن خواسته شده قرار گیرد، حال اگر چهار انگشت دست راست را 90° خم کنیم، جهت میدان مغناطیسی در آن نقطه به دست می‌آید:

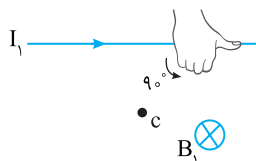
(الف) میدان مغناطیسی سیم I_1 و I_2 در نقطه a :



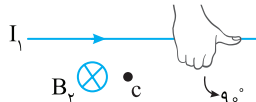
هر دو میدان برونسو بوده بنابراین میدان در نقطه a برونسو است.



(ب) میدان مغناطیسی در نقطه c ناشی از I_1 و I_2 :

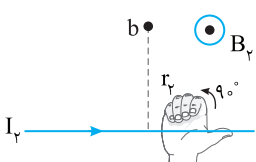
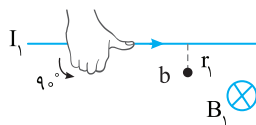


هر دو میدان در نقطه c برونسو بوده بنابراین میدان در نقطه c برونسو است.



نکته میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست با جریان سیم رابطه مستقیم و با فاصله رابطه عکس دارد.

(پ) میدان مغناطیسی در نقطه b ناشی از سیم I_1 برونسو و ناشی از سیم I_2 برونسو است.



میلۀ مس $3/^\circ$ میلی‌متر بیشتر از افزایش طول میلۀ آهنی باشد: افزایش طول هر دو میلۀ را $(\Delta L = L_1 \alpha \Delta \theta)$ حساب کنید و تفاضل آن‌ها را برابر $3/^\circ \text{mm}$ قرار دهید.

۱) معادله افزایش طول میلۀ مس را می‌نویسیم. برای آن که این افزایش برحسب میلی‌متر به دست آید طول اولیه مس را برحسب میلی‌متر $(500 \times 10^{-3} \text{mm})$ قرار می‌دهیم:

$$\Delta L_{\text{cu}} = L_{\text{cu}} \alpha_{\text{cu}} \Delta \theta \rightarrow \Delta L_{\text{cu}} = 500 \times 10^{-3} \times 16 \times 10^{-6} \times \Delta \theta \rightarrow \Delta L_{\text{cu}} = 8 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

۲) معادله افزایش طول میلۀ آهن را می‌نویسیم:

$$\Delta L_{\text{Fe}} = L_{\text{Fe}} \alpha_{\text{Fe}} \Delta \theta \rightarrow \Delta L_{\text{Fe}} = 500 \times 10^{-3} \times 11 \times 10^{-6} \times \Delta \theta \rightarrow \Delta L_{\text{Fe}} = 5.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

۳) اختلاف ΔL_{Fe} و ΔL_{cu} برابر $3/^\circ \text{mm}$ است:

$$\Delta L_{\text{cu}} - \Delta L_{\text{Fe}} = 3/^\circ \text{mm} \rightarrow 8 \times 10^{-3} \Delta \theta - 5.5 \times 10^{-3} \Delta \theta = 3/^\circ \text{mm}$$

$$\rightarrow 2.5 \times 10^{-3} \Delta \theta = 3/^\circ \text{mm} \rightarrow \Delta \theta = 1200^\circ \text{C}$$

۱۸۰۰ B

خطای در این فرآیند یخ از آب 20°C گرما می‌گیرد. ابتدا یخ 10°C به یخ 0°C تبدیل می‌شود، سپس یخ 0°C با دریافت گرما از آب، ذوب می‌شود و به آب 0°C تبدیل شده و سرانجام دمای آن 5°C می‌شود. در این مدت، آب 20°C با از دست دادن گرما به آب 5°C تبدیل می‌شود. گرمایی که یخ 10°C می‌گیرد تا به آب 5°C تبدیل شود و هم‌چنین گرمایی که آب 20°C از دست می‌دهد تا دمایش 5°C شود را حساب کنید و برابر قرار دهید تا بتوانید جرم آب 20°C را به دست بیاورید.

۱) گرمای لازم برای رسیدن یخ 10°C به آب 5°C را حساب می‌کنیم:

$$1 \text{kg} \xrightarrow[10^\circ \text{C}]{Q_1} 1 \text{kg} \xrightarrow[5^\circ \text{C}]{Q_2} 1 \text{kg} \xrightarrow[5^\circ \text{C}]{Q_3}$$

$$Q_{\text{یخ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = m'c \Delta \theta_1 + m'L_F + m'c \Delta \theta_2$$

$$Q_{\text{یخ}} = 1 \times 2100 \times 10 + 1 \times 336000 + 1 \times 4200 \times 5$$

۲) گرمایی که آب 20°C از دست می‌دهد تا به آب 5°C برسد را حساب می‌کنیم:

$$Q_{\text{آب}} = mc \Delta \theta' = m \times 4200 \times 15$$

۳) یخ Q و آب Q با هم برابر است:

$$Q_{\text{یخ}} = Q_{\text{آب}} \rightarrow 2100 \times 10 + 336000 + 4200 \times 5 = m \times 4200 \times 15$$

$$\xrightarrow[100 \text{ تقسیم می‌کنیم}]{\text{دو طرف را بر}} 10 + 160 + 10 = 30 \text{m} \rightarrow 180 = 30 \text{m} \rightarrow m = 6 \text{kg}$$

میانبر می‌توان یخ c که برابر 2100 است را به عنوان c گرفت در این صورت

آب c که برابر 4200 است برابر $2c$ و L_F که برابر 336000 بوده برابر $160c$

می‌شود:

$$Q_1 = 10c, Q_2 = 160c, Q_3 = 10c$$

$$Q_{\text{آب}} = 30mc$$

$$Q_{\text{یخ}} = Q_{\text{آب}} = 180c = 30mc \rightarrow m = 6 \text{kg}$$

خارج تجربی ۱۴۰۱

۱۸۰۱ A

پیداوی ذره آلفا دارای دو پروتون و دو نوترون بوده $(\alpha = {}^4_2\text{He})$ و هنگام واپاشی آلفا از ۴ واحد از عدد جرمی و ۲ واحد از عدد اتمی کاسته می‌شود.

واکنش هسته‌ای را می‌نویسیم و در آن هسته مادر را به صورت ${}^A_Z X$ نمایش می‌دهیم

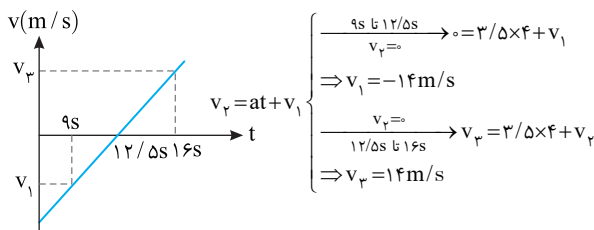


$$Z = 82 + 2 = 84$$

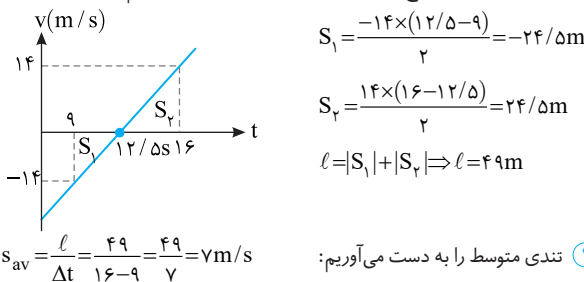
بنابراین این عدد اتمی برابر است با:

$$A = 207 + 4 = 211$$

عدد جرمی A برابر است با:



۲) حال با استفاده از سطح زیر نمودار مسافت را به دست می‌آوریم:



٣ تندی متوسط را به دست می آوریم:

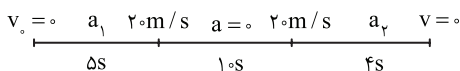
180 V

شتاب متوسط $(a_{av} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1})$ را باید حساب کنیم، بنابراین باید در

لحظه $t_1 = 2S$ و $t_2 = 1S$ سرعت حرکت متحرک را به دست بیاوریم. البته حرکت متحرک از سه قسمت تشکیل شده در قسمت اول و سوم باید شتاب را حساب کنیم سپس به سراغ سرعت‌ها برویم.

راه حل اول:

۱. در مدت ۵s سرعت متحرک از صفر به 20 m/s رسیده است. با توجه به رابطه $v_f = at + v_i$ شتاب حرکت در ۵s نخست را به دست می آوریم:



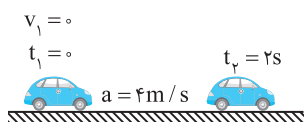
$$v_f = at + v_i \Rightarrow 0 = \Delta a + 0 \Rightarrow a_i = 1 \text{ m/s}^2$$

۲. در بازه زمانی $t = 5s$ تا $t = 15s$ (به مدت $10s$) سرعت ثابت و برابر $20m/s$ است. در این لحظه اتومبیل ترمز می‌کند و در مدت $4s$ (بازه $15s$ تا $19s$) متوقف می‌شود. شتاب را در این مدت حساب می‌کنیم.

$$v_r = at + v_1 \xrightarrow[v_1 = r_0 \cdot m/s]{v_r = 0} 0 = r a_r + r_0 \Rightarrow a_r = -\Delta m/s^2$$

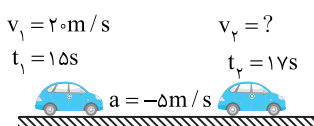
۳ سرعت در $t_1 = 2s$ و $t_2 = 17s$ را حساب می‌کنیم:

الف) در لحظه $t_1 = 2\text{ s}$ شتاب حرکت 4 m/s^2 و سرعت اولیه صفر است:



$$v = at + v_0 \xrightarrow{t=rs} v_1 = r \times f + 0 \Rightarrow v_1 = \lambda m/s$$

(ب) در لحظه $t_p = 17 \text{ s}$ شتاب حرکت -5 m/s^2 و سرعت در ابتدای بازه این شتاب یعنی $t_1 = 15 \text{ s}$ برابر 20 m/s است.



$$v = at + v_0 \Rightarrow v_y = -0 \times 2 + 2 \Rightarrow v_y = 2 \text{ m/s}$$

۴) شتاب متوسط را حساب می کنیم:

جریان دو سیم برابر اما نقطه b از سیم (۲) دورتر است، پس $B_1 > B_2$ بوده و میدان خالص در جهت میدان قوی‌تر یعنی درونسو خواهد بود.

21804A

تغییر حجم جسم جامد از رابطه $\Delta V = V_1 \times \alpha \times \Delta \theta$ به دست می‌آید که α ضریب انبساط طولی است:

$$\Delta V = V_1 \times r \alpha \times \Delta \theta \xrightarrow[\Delta V = \lambda / 1 \text{ cm}^r]{V_1 = 1 \dots \text{cm}^r} \lambda / 1 = 1 \dots \times r \alpha \times 1 r.$$

$$\alpha = \frac{\lambda/1}{1000 \times 3 \times 10^2} = \frac{\lambda/1}{36} \times 10^{-6} \Rightarrow \alpha = \frac{0.9}{f} \times 10^{-6} = 0.225 \times 10^{-6}$$

$$\Rightarrow \alpha = 2.25 \times 10^{-5} (\text{K}^{-1})$$

3 18.5 B

مسیر بدون اصطکاک است، پس از A تا B انرژی مکانیکی ثابت است. جسم از نقطه A، رها شده و انرژی جنبشی در A صفر است:

(سطح زمین را مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی فرض می‌کنیم.)

$$E_A = E_B$$

$$mgh_A = mgh_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

از دو طرف معادله
 m را ساده می‌کنیم

$$\Delta \phi = r\omega + \frac{v_B}{r} \Rightarrow v_B = r\omega$$

$$\Rightarrow v_B = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$$

مسیر A تا C بدون اصطکاک است:

$$E_A = E_C$$

$$mgh_A = mgh_C + \frac{1}{2}mv_C^2$$

از دو طرف معادله m

را ساده می کنیم

$$\Delta\phi = 1\lambda + \frac{v_C^r}{v} \Rightarrow \frac{v_C^r}{v} = 32$$

$$\Rightarrow v_C^r = 64 \Rightarrow v_C = 16 \text{ m/s}$$

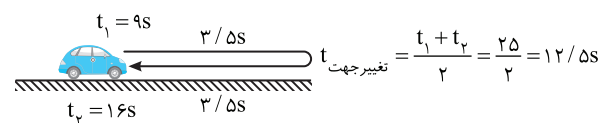
حال نسبت $\frac{V_C}{V_B}$ را حساب می کنیم:

$$\frac{V_C}{V_B} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{V_C}{V_B} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{V_C}{V_B} = \sqrt{2}$$

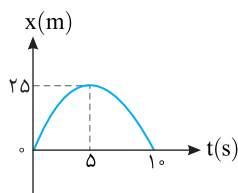
18.6 B

فصل پنجم جابه‌جایی متحرک روی محور x در بازه $t_1 = 9s$ تا $t_2 = 16s$ صفر شده است، یعنی متحرک یک مسیر رفت و برگشت را طی کرده است. از طرفی شتاب ثابت است، بنابراین مسیر رفت و برگشت قرینه هستند و دقیقاً چون وسط بازه زمانی $\frac{9+16}{2} = 12.5s$ متحرک متوقف شده و برمی‌گردد.

یعنی متحرک با شتاب 4 m/s^2 در مدت $3/5 \text{ s} = 9/5$ متوقف شده و برمی‌گردد.



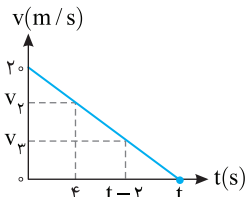
1) چون تندی متوسط خواسته شده و باید مسافت را حساب کنیم، برای اینکار نمودار سرعت - زمان را رسم می‌کنیم. دقت کنید که شتاب $+4 \text{ m/s}^2$ بوده و چون تغییر جهت داشتیم باید سرعت صفر شود پس سرعت اولیه منفی است:



سهمی نسبت به محور قائم گذرا از رأس آن
تقارن دارد از این رو متحرک در لحظه $t=10s$
از مکان $x=0$ عبور کرده و در بازه 0 تا $10s$
مکان متحرک مثبت بوده و بردار مکان در
جهت محور x است.

۱۸۰۹ B

نمودار سرعت - زمان خط راست است، پس شتاب حرکت ثابت است. اگر شتاب حرکت
را a در نظر بگیریم در هر ثانیه سرعت به اندازه a تغییر می کند. حال با توجه به شتاب a
سرعت در لحظه $t=4s$ و در لحظه $2s$ قبل از توقف را حساب می کنیم:



$$v_f = at + v_i \begin{cases} \text{at } t=4s \rightarrow v_f = 4a + 20 \\ \text{at } t=2s \rightarrow v_f = 2a + 20 \end{cases}$$

حال با توجه به رابطه $\Delta x = \frac{v_i + v_f}{2} \Delta t$ مسافت طی شده را در $4s$ نخست و $2s$ آخر
حرکت را به دست می آوریم:

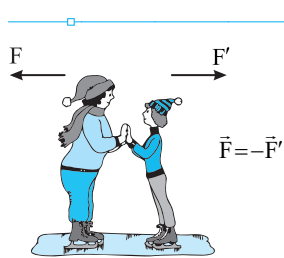
$$d_1 = \frac{v_i + v_f}{2} \Delta t_1 \xrightarrow{v_i=20m/s, v_f=20+4a} d_1 = \frac{40+4a}{2} (4) \Rightarrow d_1 = 80 + 8a$$

$$d_2 = \frac{v_f + v_i}{2} \Delta t_2 \xrightarrow{v_f=-20, v_i=20+2a} d_2 = \frac{-20+2a+20}{2} \times 2 \Rightarrow d_2 = -2a$$

با توجه به سؤال نسبت $\frac{d_1}{d_2}$ برابر 36 است، از این رو خواهیم داشت:

$$\frac{d_1}{d_2} = 36 \Rightarrow \frac{80+8a}{-2a} = 36 \Rightarrow 80+8a = -72a \Rightarrow 80 = -80a \Rightarrow a = -1m/s^2$$

بزرگی شتاب برابر $|a|=1m/s^2$ است.



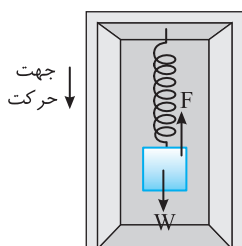
نیروهای $\vec{F}$ و $\vec{F}'$ کنش و واکنش
یکدیگراند پس این دو نیرو هم اندازه و
خلاف جهت اند.

شتاب از رابطه $F=ma \Rightarrow a = \frac{F}{m}$ به

دست می آید. چون دو نیرو هم اندازه اند،

پس هرچه جرم شخصی بیشتر باشد شتاب حرکت او کمتر است:

$$m_2 > m_1 \xrightarrow{a = \frac{F}{m}, F=F'} a_2 < a_1$$



$$F_{net} = ma \Rightarrow W - F = ma \Rightarrow mg - kx = ma$$

$$\xrightarrow{x=35-26=9cm, k=200N/m, a=1m/s^2} m \times 1 = 200 \times \frac{9}{100} = m \times 1.8$$

$$\Rightarrow 1.0m - m = 1.8 \Rightarrow 9m = 1.8 \Rightarrow m = 0.2kg$$

راه حل دوم:

نمودار $v-t$ متحرک را

رسم کنیم. در مدت 0 تا $5s$

سرعت از صفر به $20m/s$

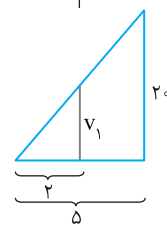
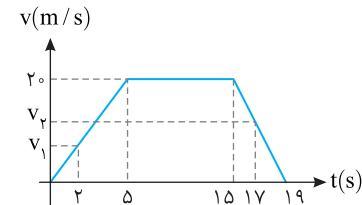
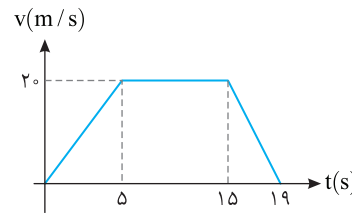
رسیده و در مدت $5s$ تا

$15s$ سرعت ثابت و در

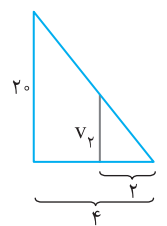
مدت $15s$ تا $19s$ سرعت

از $20m/s$ به صفر رسیده است:

حال با توجه به تشابه، سرعت در $t_1=2s$ و $t_2=17s$ به دست می آوریم:



$$\frac{v_1}{2} = \frac{20}{5} \Rightarrow v_1 = 8m/s$$



$$\frac{v_2}{2} = \frac{20}{4} \Rightarrow v_2 = 10m/s$$

در نهایت شتاب متوسط را به دست می آوریم: $a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_{av} = \frac{10-8}{17-2} = \frac{2}{15} m/s^2$

۱۸۰۸ B

در نمودار مکان - زمان در نقاط کمینه و بیشینه، سرعت متحرک صفر است.

تندی متحرک در مکان $x=25m$ که رأس سهمی بوده برابر صفر است. با توجه

به فرض سؤال در مکان $x=-375m$ نیز تندی $40m/s$ است، بنابراین به کمک

رابطه مستقل از زمان، شتاب حرکت را به دست می آوریم:

$$\begin{aligned} v_f^2 - v_i^2 &= 2a\Delta x \Rightarrow 1600 = 2a(x_f - x_i) \\ &\Rightarrow 1600 = 2a(-375 - 25) \\ 1600 &= -800a \Rightarrow a = -2m/s^2 \end{aligned}$$

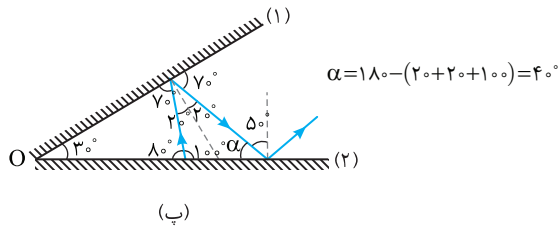
در بازه زمانی t تا t متحرک با شتاب $a = -2m/s^2$ به اندازه $\Delta x = 25m$

جابه جاشده و سرعت نهایی آن صفر شده است. ابتدا با توجه به رابطه $v_f^2 - v_i^2 = 2a\Delta x$

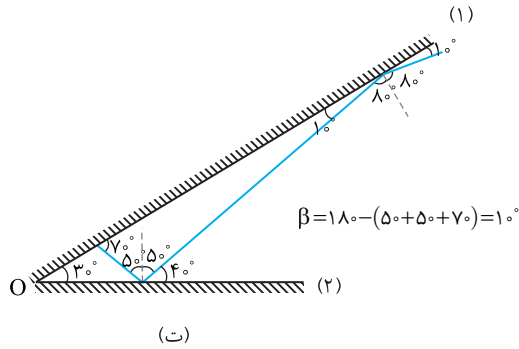
سرعت اولیه را حساب کرده و سپس به کمک معادله سرعت زمان t را به دست می آوریم:

$$\begin{aligned} v_f^2 - v_i^2 &= 2a\Delta x \xrightarrow{a=-2m/s^2, v_f=0} \\ -v_i^2 &= -4 \times 25 \Rightarrow v_i^2 = 100 \\ \Rightarrow v_i &= 10m/s \end{aligned}$$

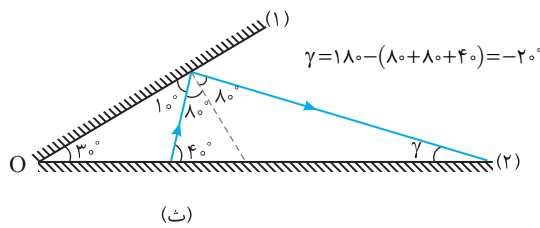
$$v = at + v_0 \Rightarrow 0 = -2t + 10 \Rightarrow t = 5s$$



با توجه به شکل (ت) زاویه پرتویی که مجدد به سطح (۱) می‌تابد با آن 10° است.



پرتویی که به سطح (۱) تابیده شده دارای زاویه تابش 80° است.



بنابراین هیچگاه زاویه γ تشکیل نمی‌شود و آخرین زاویه تابش برابر 80° است.

۱۸۱۴ B نکته

هرچه زاویه‌ای که پرتو با خط

عمود می‌سازد بزرگتر باشد، تندی نور در آن

محیط بیشتر است.

۱. پرتو ورودی از محیط (۱) با پرتو خروجی

در محیط (۴) با هم موازی هستند.

($\theta_1 = \theta_4$) در نتیجه تندی نور در این دو محیط با هم برابر است.

۲. زاویه بین پرتو و خط عمود در محیط (۲) (θ_2) از سه محیط دیگر کمتر و زاویه

بین پرتو و خط عمود در محیط (۳) (θ_3) از سه محیط دیگر بیشتر است بنابراین:

$$v_2 < v_1 = v_4 < v_3$$

۱۸۱۵ C

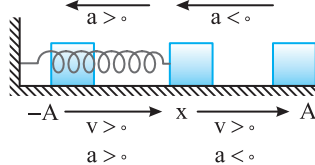
به مسیر حرکت

سامانه جرم - فنر شکل روبه‌رو دقت

کنید. در مدتی که نوسانگر از مکان

$-A$ به سوی مرکز نوسان می‌رود

بردار شتاب و سرعت در جهت



محور x هستند که این بازه $\frac{T}{4}$ طول می‌کشد. ابتدا دوره را به دست بیاورید و معین

کنید که بازه زمانی داده شده چه کسری از دوره است؟ مکان نوسانگر در ابتدای بازه $t_1 = 0$ را به دست آورده و مسیر حرکت تا $t_2 = \Delta t$ را دنبال کنید تا مشخص شود

چه مدتی a و v همزمان مثبت هستند.

۱۸۱۲ C

خط‌خطی نیروی F_y از صفر تا

20 N در حال تغییر است بنابراین

نیروی اصطکاک آستانه حرکت

($f_{s\max}$) در حال تغییر است.

شما باید مشخص کنید که $f_{s\max}$

ابتدا صفر نیوتون بوده و در نهایت

چند نیوتون می‌شود و با مقایسه نیروی جلوبر F_1 با $f_{s\max}$ مشخص کنید که جسم

در حال سکون می‌ماند و یا اینکه به حرکت درمی‌آید.

۱. نیروی عمودی سطح و نیروی اصطکاک آستانه حرکت را وقتی $F_y = 0$ است

حساب می‌کنیم:

نیروی اصطکاک آستانه حرکت:

$$f_{s\max} = \mu_s F_N \Rightarrow f_{s\max} = 0/4 \times 40 = 16\text{ N}$$

۲. نیروی $F_1 = 10\text{ N}$ را با $f_{s\max} = 16\text{ N}$ مقایسه می‌کنیم $F_1 < f_{s\max}$ است.

به همین دلیل تا لحظه‌ای که $f_{s\max} \leq 10\text{ N}$ شود، جسم ساکن می‌ماند و نیروی

اصطکاک برابر نیروی F_1 بوده و اصطکاک ثابت می‌ماند ($f_s = F_1 = 10\text{ N}$)

۳. با افزایش F_y ، نیروی عمودی سطح ($\downarrow F_N = W - F_y \uparrow$) کاهش می‌یابد که

سبب کاهش $f_{s\max}$ می‌شود. وقتی $F_y = 20\text{ N}$ می‌شود، F_N و $f_{s\max}$ را به دست

$$F_N = W - F_y \xrightarrow{F_y = 20\text{ N}} F_N = 40 - 20 = 20\text{ N}$$

می‌آوریم.

$$f_{s\max} = \mu_s F_N \Rightarrow f_{s\max} = 0/4 \times 20 \Rightarrow f_{s\max} = 8\text{ N}$$

۴. در این حالت $F_1 = 10\text{ N} > f_{s\max}$ بوده یعنی جسم به حرکت درمی‌آید و نیروی

اصطکاک، نیروی اصطکاک جنبشی خواهد بود که از $f_{s\max}$ کمتر است، یعنی

اصطکاک کاهش می‌یابد و برابر خواهد شد با:

$$F_k = \mu_k F_N \Rightarrow F_k = 0/25 \times 20 = 5\text{ N}$$

در نتیجه ابتدا اصطکاک ثابت است و سپس کاهش می‌یابد.

۱۸۱۳ B

خط‌خطی

در حل این مسائل باید یک‌به‌یک، زاویه تابش و بازتاب در هر بار برخورد

نور به هر آینه را ادامه داده تا لحظه‌ای که دیگر پرتو به آینه‌ای برخورد نکند البته شما

باید مقداری هندسه بدانید و اینکه مجموع زوایای داخلی مثلث 180° است، سپس

بروید و با حوصله مسئله را حل کنید.

۱. زاویه تابش بر سطح آینه

(۱) بنا بر فرض مسئله 40°

است و بنا بر قانون بازتاب

عمومی، زاویه بازتاب نیز 40° و

زاویه‌ای که پرتو بازتاب با سطح

آینه (۱) می‌سازد 50° خواهد

بود.

۲. به مثلث OII' شکل

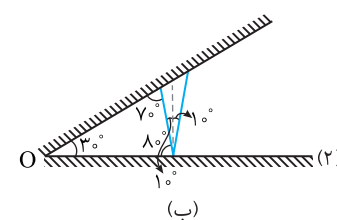
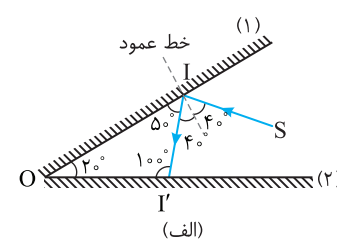
(الف) نگاه کنید. زاویه‌ای که پرتو

تابیده به سطح آینه (۲) با آینه

می‌سازد 100° است. اگر خط

عمود را رسم کنید در شکل (ب)

مشخص می‌شود که زاویه تابش



10° است. پرتو بازتاب وقتی به آینه (۱) می‌رسد با آن زاویه 11° می‌سازد.

۳. برای پرتویی که مجدد به آینه (۱) با زاویه 70° برخورد کرده خط عمود رسم

می‌کنیم زاویه تابش 20° می‌شود:

① بیشترین بسامد گسیلی (یعنی کوتاه‌ترین طول موج) گسیلی وقتی است که الکترون از تراز بینهایت به تراز $n' = 3$ در رشتهٔ پاشن برود. با توجه به رابطهٔ ریذبرگ کوتاه‌ترین طول موج را حساب می‌کنیم.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda} = \infty \cdot \frac{1}{\infty} \left(\frac{1}{\infty^2} - \frac{1}{\infty^2} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = 9.0 \text{ nm}$$

بیشینه بسامد خواهد شد:

$$f_{\max} = \frac{c}{\lambda_{\min}} = \frac{3 \times 10^8}{900 \times 10^{-9}} \Rightarrow f_{\max} = \frac{1}{3} \times 10^{10} \text{ Hz}$$

۳) کمترین بسامد گسیلی (یعنی بلندترین موج) وقتی گسیل می‌شود که الکترون از $n=4$ به تراز $n'=3$ در رشته پاشن برود از این رو خواهیم داشت:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \Rightarrow \frac{1}{\lambda_{\max}} = \frac{1}{100} \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{16} \right) = \frac{1}{100} \left(\frac{15}{16} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda_{\max} = \frac{100 \times 16}{15} \text{ nm}$$

۴) کمترین پسامد را حساب می‌کنیم.

$$f_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{90 \times 10^6}{3 \times 10^9}} \Rightarrow f_{\min} = \frac{3 \times 10^9}{90} \text{ Hz}$$

اختلاف دو بسامد را حساب می‌کنیم.

$$f_{\max} - f_{\min} = \frac{1}{3} \times 10^{10} - \frac{1}{4\lambda} \times 10^{10} \Rightarrow \Delta f = \left(\frac{16-9}{4\lambda} \right) \times 10^{10} = \frac{7}{16} \times 10^{10} \\ \Rightarrow \Delta f = 1/16 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

۱ با توجه به تعریف ظرفیت خازن:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = CV_1 \\ Q_2 = CV_2 \end{cases} \Rightarrow \Delta Q = C \Delta V$$

با توجه به فرض مسئله $\Delta V = 1V$ و $C = 8\mu F$ است بنابراین:

$$\Delta Q = \lambda \times 1 = \lambda \mu C$$

تغییر تعداد الکترون‌های هر صفحه را حساب می‌کنیم:

$$\Delta Q = ne \xrightarrow{e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} 1 \times 10^{-9} \text{ C} = n \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow n = 6 \times 10^{13}$$

فصل پنجم ابتدا به کمک قضیه کار و انرژی جنبشی ($W_E = \Delta K$)، کار نیروی میدان الکتریکی وارد بر ذره باردار را حساب کنید. کار نیروی میدان الکتریکی قرینه تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره است. ($W_E = -\Delta U_E$)، بنابراین با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی ($\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$) مسئله را حل کنید.

تنها نیروی وارد بر ذره، نیروی میدان الکتریکی است و کار این نیرو، خواهد شد:

$$W_E = \Delta K \Rightarrow W_E = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = \frac{m \times 10^{-9} \text{ kg}}{v_i = 10 \text{ m/s}, v_f = 70 \text{ m/s}} \rightarrow$$

$$W_E = \frac{1}{\gamma} \times f \times 10^{-9} (f_{00} - 100) \Rightarrow W_E = 6 \times 10^{-9} \text{ J}$$

تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره برابر است با:

$$W_F = -\Delta U_F \Rightarrow \Delta U_F = -6 \times 10^{-9} \text{ J}$$

۳ اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B را حساب می کنیم.

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} \xrightarrow{q = \Delta \times 10^{-9} \text{ C}} V_B - V_A = \frac{-6 \times 10^{-9}}{\Delta \times 10^{-9}}$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = -120V$$

❶ با توجه به معادله $x = 0.04 \cos \frac{\pi}{2} t$ دوره خواهد شد:

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

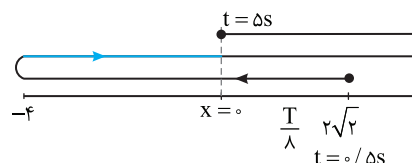
۲ بازه $t_1 = 0/\Delta S$ تا $(t_2 = \Delta S)$ را با دوره مقایسه می کنیم.

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\Delta - 0 / \Delta}{f} = \frac{f / \Delta}{f} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{\Delta} T = T + \frac{T}{\Delta}$$

۳ مکان در ابتدای بازه $t_1 = 0$ s را به دست می‌آوریم.

$$X = \frac{1}{2} \cos \frac{\pi}{2} \times \left(\frac{1}{2} \right) = \frac{1}{2} \cos \frac{\pi}{2} = \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow X = \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4} \text{ cm}$$

۴ به کمک بازه‌های زمانی شناخته شده از مکان $2\sqrt{2}$ مسیر را دنبال می‌کنیم.



بنابراین تنها در قسمت رنگی مسیر $(\frac{T}{\epsilon})$ ، a و v همزمان مثبت هستند.

$$\frac{T}{\tau} = \frac{\tau}{\tau} = 1s$$

فصل فیزیکی مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل برابر انرژی مکانیکی نوسانگر بوده و انرژی مکانیکی نوسانگر $E = \frac{1}{2} \pi^2 m A^2 F^2$ است. بنابراین کافی است U را با هم جمع کرده سپس به کمک رابطه انرژی مکانیکی بسامد را حساب کنیم.

انرژی مکانیکی برابر است با:

$$E = K + U \xrightarrow[U = 1 \Delta \times 10^{-7} \text{ J}]{K = 5 \times 10^{-7} \text{ J}} E = 5 \times 10^{-7} + 1 \Delta \times 10^{-7} \Rightarrow E = 7 \times 10^{-7} \text{ J}$$

بسامد را حساب می کنیم.

$$E = \pi m A^2 f \frac{A = 10^{-7}, m = 1 \text{ kg}}{\pi = 10} \rightarrow$$

$$r \circ x_1 \circ^{-r} = r \times 1 \circ x_0 / 1 \times (r \times 1 \circ^{-r})^r f^r \Rightarrow r \circ x_1 \circ^{-r} = r \times 1 \circ x_0 / 1 \times (r \times 1 \circ^{-r})^r f^r$$

$$\Rightarrow 10^{-2} = (2 \times 10^{-2})^2 f^2 \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می گیریم}} 10^{-1} = 2 \times 10^{-2} f \Rightarrow f = 5 \text{ Hz}$$

۱) انرژي فوتون را بر حسب الكترون ولت به دست مي آوريم.

$$E = \frac{4/0.8 \times 10^{-19}}{1/6 \times 10^{-19}} \Rightarrow E = 2/55 \text{ eV}$$

۲) در گذار الکترون از مدار n به n' ، الکترون فوتونی با اختلاف انرژی دو تراز گسیل می‌کند. از این رو انرژی الکترون در ترازهای مختلف را از رابطه $E_n = -E_R / n^2$ به دست می‌آوریم و مشخص می‌کنیم اختلاف انرژی کدام ترازها برابر 55.5 eV می‌شود.

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \left\{ \begin{array}{l} \xrightarrow{n=1} E_1 = -13.6 \text{ eV} \\ \xrightarrow{n=2} E_2 = -\frac{13.6}{4} = -3.4 \text{ eV} \\ \xrightarrow{n=3} E_3 = -\frac{13.6}{9} = -1.51 \text{ eV} \\ \xrightarrow{n=4} E_4 = -\frac{13.6}{16} = -0.85 \text{ eV} \end{array} \right.$$

بنابراین اختلاف انرژی ترازهای $n=4$ و $n'=2$ برابر $2/55\text{eV} - (3/4) = -0/85$ است.

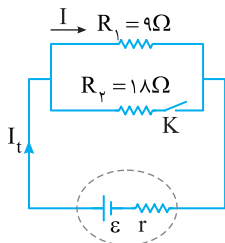
۳ شعاع مدار چهارم خواهد شد.

$$r_n = n^{\gamma} a \xrightarrow{n=f} r_v = \gamma a$$

این نیرو در جهت مثبت محور Xهاست.
 ۵. اکنون F' را بر F تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{F'}{F} = \frac{\frac{1}{2}k \frac{q^2}{d^2}}{\frac{1}{6}k \frac{q^2}{d^2}} = \frac{3}{1} \Rightarrow F' = 3F$$

۱۸۲۳ B



۱. کلید K بسته: در این حالت مقاومت‌های $R_1 = 9\Omega$ و $R_2 = 18\Omega$ با هم موازی هستند و در مقاومت‌های موازی، جریان به نسبت وارون مقاومت‌ها تقسیم می‌شود، بنابراین وقتی جریان مقاومت 9Ω ، $I = 2A$ است جریان مقاومت 18Ω نصف I یعنی $1A$ بوده و جریان کل مدار برابر خواهد شد با:

$$I_t = 2 + 1 = 3A$$

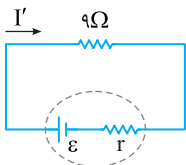
۲. مقاومت معادل مدار در این حالت خواهد شد:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{9} + \frac{1}{18} \Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{2+1}{18} \Rightarrow R_{eq} = 6\Omega$$

۳. جریان مدار در این حالت برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow 3 = \frac{\varepsilon}{6 + r} \quad (I)$$

۴. کلید K باز: تنها مقاومت مدار $R_1 = 9\Omega$ است که بنا به فرض مسئله جریان آن



$2.5A$ افزایش می‌یابد و برابر $I' = 2 + 0.25 = 2.25A = \frac{9}{4}A$ می‌شود.

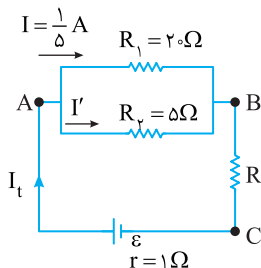
از این رو می‌توان نوشت:

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq}} \Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{\varepsilon}{9 + r} \quad (II)$$

۵. رابطه (I) را بر رابطه (II) تقسیم می‌کنیم.

$$\frac{3}{\frac{9}{4}} = \frac{6+r}{9+r} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{6+r}{9+r} \Rightarrow 24 + 4r = 27 + 3r \Rightarrow r = 3\Omega$$

۱۸۲۴ B



به شکل نگاه کنید.
 ۱. اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 20Ω همان اختلاف پتانسیل بین نقاط A و B است از این رو:

$$V_{AB} = IR_1 \Rightarrow V_{AB} = \frac{1}{5} \times 20 = 4V$$

۲. ولتاژ دو سر مقاومت 5Ω نیز $4V$ بوده و جریان آن خواهد شد:

$$V = I'R_2 \Rightarrow 4 = I' \times 5 \Rightarrow I' = \frac{4}{5}A$$

۳. جریان مدار را حساب می‌کنیم.

$$I_t = I + I' = \frac{1}{5} + \frac{4}{5} \Rightarrow I_t = 1A$$

۴. اختلاف پتانسیل دو سر باتری خواهد شد:

$$V = V_{AB} + V_{BC} \Rightarrow V = 4 + 3 = 7V$$

۵. اکنون می‌توان نیروی محرکه باتری را به دست آورد.

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow 7 = \varepsilon - 1 \times 1 \Rightarrow \varepsilon = 8V$$

۱۸۲۱ B

میدان الکتریکی بار q_1 در محل q_2 به سمت چپ (خلاف محور Xها) و میدان الکتریکی بار q_2 در محل q_1 به سمت راست (در جهت محور Xها) بوده و با آنکه $|q_2| > |q_1|$ است اما چون فاصله q_2 تا q_1 دو برابر فاصله q_1 تا q_2 است بنابراین میدان بار q_2 از بار q_1 ضعیف‌تر است از این رو باید میدان الکتریکی بار q_2 در جهت میدان q_1 یعنی رو به راست باشد. بنابراین بار q_2 باید منفی باشد. از این رو می‌توان نوشت:

$$\begin{array}{ccccccc} q_1 & E_1 & q_2 & E_2 & q_3 & & x(\text{cm}) \\ \leftarrow & & \rightarrow & & \rightarrow & & \\ x=0 & x_1=12 & x_2=24 & x_3=36 & & & \end{array}$$

$$E_p = E_1 - E_2 \xrightarrow{E=k\frac{|q|}{r^2}} \frac{kq_1}{(36)^2} - \frac{k(\delta)}{(12)^2} = \frac{k(\lambda)}{(24)^2}$$

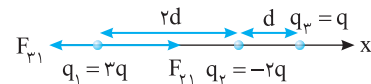
دو طرف را در $(12)^2$ ضرب می‌کنیم

$$\frac{q_1}{3^2} - \frac{\delta}{1} = \frac{q_2}{2^2} \Rightarrow \frac{q_2}{4} = \frac{\delta}{1} - \frac{q_1}{3} = \frac{3\delta - 4q_1}{12}$$

$$\Rightarrow q_2 = -27\mu C$$

۱۸۲۲ B

۱. نیروی وارد بر بار $q_1 = 3q$ از طرف دو بار دیگر را رسم کرده و مقدار نیروها را به دست می‌آوریم.



q_3 بار q_1 را می‌راند.

$$F_{31} = k \frac{|q_1||q_3|}{(3d)^2} \Rightarrow F_{31} = k \frac{3q \times q}{9d^2} = k \frac{q^2}{3d^2}$$

q_2 بار q_1 را می‌رباید.

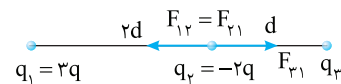
$$F_{21} = k \frac{|q_1||q_2|}{(2d)^2} \Rightarrow F_{21} = k \frac{3q \times 2q}{(2d)^2} \Rightarrow F_{21} = \frac{3}{2} k \frac{q^2}{d^2}$$

۲. نیروهای F_{21} و F_{31} در خلاف جهت هم بوده اندازهٔ آن‌ها را تفاضل آن‌ها به دست می‌آید و بنا به فرض مسئله خواهیم داشت:

$$F = F_{21} - F_{31} \Rightarrow F = \frac{3}{2} k \frac{q^2}{d^2} - k \frac{q^2}{3d^2} \Rightarrow F = \frac{9-2}{6} k \frac{q^2}{d^2} \Rightarrow F = \frac{7}{6} k \frac{q^2}{d^2}$$

این نیرو در جهت مثبت محور Xهاست.

۳. نیروهای وارد بر بار $q_2 = -2q$ را رسم کرده، اندازهٔ آن‌ها را به دست آوریم. سپس برآیند آن‌ها را حساب کنید.



نیروی که q_1 بر q_2 وارد می‌کند با نیرویی که q_2 بر q_1 وارد می‌کند برابر است.

$$F_{12} = F_{21} = \frac{3}{2} k \frac{q^2}{d^2}$$

نیروی که q_3 بر q_2 وارد می‌کند خواهد داشت:

$$F_{32} = k \frac{|q_2||q_3|}{d^2} \Rightarrow F_{32} = k \frac{2q \times q}{d^2} = 2k \frac{q^2}{d^2}$$

۴. برآیند نیروهای وارد بر بار q_2 را به دست می‌آوریم.

$$F' = F_{32} - F_{12} = 2k \frac{q^2}{d^2} - \frac{3}{2} k \frac{q^2}{d^2} \Rightarrow F' = \frac{1}{2} k \frac{q^2}{d^2}$$

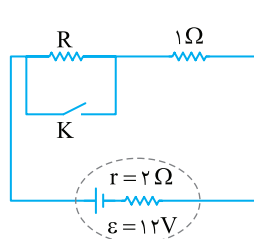
۱. جریان کل مدار به نسبت ۲ به ۱ بین شاخه آمپرسنج و شاخه موازی با آن تقسیم می شود یعنی جریان I به سه قسمت تقسیم شده و دو قسمت آن از آمپرسنج می گذرد.

$$I_1' = 2 \times \frac{I}{3} \Rightarrow I_1' = \frac{2}{3} \times \frac{\varepsilon}{9}$$

$$\frac{I_1'}{I_1} = \frac{\frac{2}{3} \times \frac{\varepsilon}{9}}{\frac{1}{6} \times \frac{\varepsilon}{18}} = \frac{2 \times 6 \times 18}{3 \times 9} = \frac{I_1'}{I_1} = 8 \quad \text{۹. اکنون نسبت } \frac{I_1'}{I_1} \text{ را به دست می آوریم.}$$

۱. یادآوری هرگاه در یک مدار توان خروجی باتری برای R_1 و R_2 یکسان باشد، بین مقاومت درونی باتری (r) و مقاومت های R_1 و R_2 رابطه زیر برقرار است:

$$r = \sqrt{R_1 R_2}$$



وقتی کلید باز است مقاومت کل مدار $R_1 = R + 1$ است.

وقتی کلید وصل است مقاومت R اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می شود در این حالت مقاومت کل مدار برابر $R_2 = 1\Omega$ است.

توان خروجی در دو حالت R_1 و R_2 (قطع و وصل کلید) برابر است، از این رو:

$$r = \sqrt{R_1 R_2} \Rightarrow 2 = \sqrt{(R+1) \times 1} \Rightarrow 4 = R+1 \Rightarrow R = 3\Omega$$

۱. قرار است با ریختن الکل درون یک لیتر آب، چگالی مخلوط ۱۰ درصد از چگالی الکل بیشتر شود، بنابراین:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \rho_{\text{الکل}} + \frac{1}{10} \rho_{\text{الکل}} \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{11}{10} \rho_{\text{الکل}} \quad \rho_{\text{الکل}} = 0.8 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = 0.88 \text{ g/cm}^3$$

۲. چگالی مخلوط برابر است با:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}}}{V_{\text{آب}} + V_{\text{الکل}}}$$

۳. جرم یک لیتر آب ($V = 1000 \text{ cc}$) برابر $m = 1000 \text{ g}$ است. در رابطه چگالی مخلوط جای گذاری می کنیم:

$$\frac{1000 + m_{\text{الکل}}}{1000 + V_{\text{الکل}}} = \frac{1000 + 0.8 V_{\text{الکل}}}{1000 + V_{\text{الکل}}} \Rightarrow \frac{1000 + 0.8 V_{\text{الکل}}}{1000 + V_{\text{الکل}}} = 0.88$$

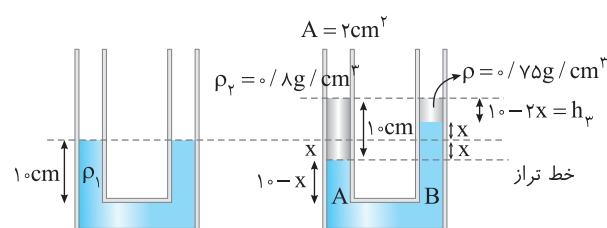
$$880 + 0.88 V_{\text{الکل}} = 1000 + 0.8 V_{\text{الکل}} \Rightarrow 0.08 V_{\text{الکل}} = 120$$

$$\Rightarrow V_{\text{الکل}} = \frac{120}{0.08} = 1500 \text{ cm}^3$$

۱. ارتفاع مایع ρ_2 را حساب می کنیم.

$$V_2 = A h_2 \quad V = 20 \text{ cm}^3 \Rightarrow 20 = 2 h_2 \Rightarrow h_2 = 10 \text{ cm}$$

۲. اکنون با دقت به شکل سمت راست نگاه کنید. وقتی مایع ρ_2 را اضافه می کنیم مایع ρ_1 از سمت چپ به اندازه x پایین می آید و از سمت راست به اندازه x بالا می رود.



۱۸۲۵ C

با مسئله ای طولانی سروکار دارید. ابتدا در حالت کلید باز باید مقاومت مدار را بررسی کنید و جریان گذرنده از آمپرسنج را برحسب جریان کل مدار به دست بیاورید. سپس در حالت کلید بسته، همین مسیر را طی کنید و مسئله را حل کنید. دقت کنید ε (نیروی محرکه باتری) پارامتری است که در محاسبات حذف خواهد شد.

۱. یادآوری آمپرسنج آرمانی

شبیه یک سیم بدون مقاومت فرض می شود.

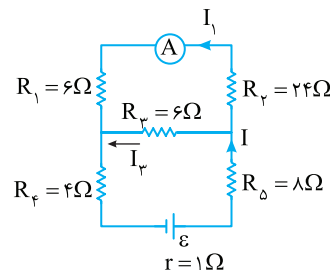
۱. کلید K باز: در این حالت

مدار به شکل روبه رو در می آید.

که در آن مقاومت های R_1 و

R_2 متوالی و با مقاومت

موازی هستند.



$$R_{12} = R_1 + R_2 = 6 + 24 \Rightarrow R_{12} = 30\Omega$$

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{6} = \frac{1+5}{30} \Rightarrow R_{123} = 5\Omega$$

۲. مقاومت معادل R_{123} با مقاومت های R_4 و R_5 متوالی بوده مقاومت کل مدار خواهد شد.

$$R_{eq} = R_{123} + R_4 + R_5 \Rightarrow R_{eq} = 5 + 4 + 8 \Rightarrow R_{eq} = 17\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{17 + 1} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{18} \quad \text{۳.}$$

۴. در مقاومت های موازی جریان به نسبت وارون مقاومت ها تقسیم می شود.

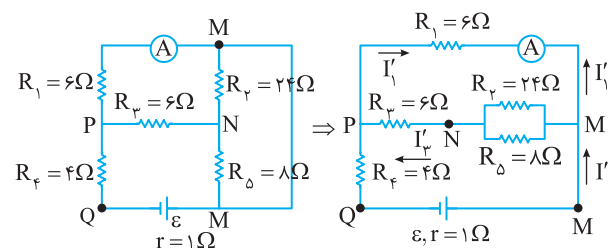
$$\frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1} \Rightarrow \frac{I_1}{I_3} = \frac{6}{30} \Rightarrow I_3 = 5 I_1 \quad \frac{I = I_1 + I_3}{18} \Rightarrow \frac{\varepsilon}{18} = I_1 + 5 I_1$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{1}{6} \left(\frac{\varepsilon}{18} \right)$$

نگران نباشید تازه در ابتدای مسیر حل مسئله هستیم.

کلید K بسته:

۵. در این حالت با نام گذاری نقاط، مدار را باید مجدداً رسم کنیم تا بتوانیم موازی و متوالی بودن مقاومت ها را تشخیص بدهیم.



۶. باید مقاومت معادل را حساب کنیم.

$$R_{25} = \frac{24 \times 8}{24 + 8} \Rightarrow R_{25} = 6\Omega$$

R_5 و R_2 موازی هستند.

$$R_{235} = 6 + 6 \Rightarrow R_{235} = 12\Omega$$

مقاومت R_3 با R_{25} متوالی:

$$R_{1235} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} \Rightarrow R_{1235} = 4\Omega$$

مقاومت R_1 با R_{235} موازی:

مقاومت معادل مدار خواهد شد:

$$R'_{eq} = R_{1235} + R_4 = 4 + 4 \Rightarrow R'_{eq} = 8\Omega$$

۷. جریان مدار در این حالت برابر است با:

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq}} \Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{8 + 1} \Rightarrow I' = \frac{\varepsilon}{9}$$

۳ اگر خط تراز را رسم کنید. فشار در نقاط A و B برابر است. فشار در نقطه A ناشی از ارتفاع ۱۰ cm مایع ρ_p و فشار در نقطه B ناشی از ارتفاع ۲x آب و از ارتفاع (۱۰-۲x) مایع ρ_p است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_p h_p = \rho_p (2x) + \rho_p (10 - 2x)$$

$$\Rightarrow 0.8 \times 10 = 1 \times 2x + 0.8 \times (10 - 2x)$$

$$\Rightarrow 8 = 2x + 8 - 1.6x \Rightarrow 0.4 = 0.6x \Rightarrow x = 1 \text{ cm}$$

۴ ارتفاع ستون h_p خواهد شد. $h_p = 10 - 2x = 10 - 2 \times 1 \Rightarrow h_p = 8 \text{ cm}$

۵ حجم مایع ρ_p خواهد شد: $V_p = Ah_p = 2 \times 8 = 16 \text{ cm}^3$

۱۸۲۹ B

طافند بازده یعنی نسبت کار مفید به کل کار داده شده به تلمبه. کار داده شده به تلمبه را به کمک توان ورودی آن حساب می‌کنیم ($W = Pt$) و کار مفیدی که تلمبه انجام می‌دهد بالا بردن آب به ارتفاع ۱.۵ m است ($W_{\text{مفید}} = mgh$) بنابراین مسئله قابل حل است.

۱ کار ورودی به تلمبه خواهد شد:

$$W = Pt \xrightarrow{P=5 \times 10^3 \text{ W}, t=60 \text{ s}} W = 5 \times 10^3 \times 60 \Rightarrow W = 3 \times 10^5 \text{ J}$$

۲ کار مفید تلمبه را حساب می‌کنیم. (جرم هر لیتر آب، یک کیلوگرم است)

$$W_{\text{مفید}} = mgh \xrightarrow{m=1200 \text{ kg}, h=1.5 \text{ m}, g=10 \text{ N/kg}} W_{\text{مفید}} = 1200 \times 10 \times 1.5 = 1.8 \times 10^4 \text{ J}$$

۳ بازده تلمبه را به دست می‌آوریم.

$$Ra = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{ورودی}}} \times 100 \Rightarrow Ra = \frac{1.8 \times 10^4}{3 \times 10^5} \times 100 \Rightarrow Ra = 6\%$$

۴ ۱۸۳۰ B

گرمایی که آلومینیوم از دست می‌دهد تا دمایش از $\theta_1 = 94^\circ \text{C}$ به $\theta_e = 52^\circ \text{C}$ برسد برابر گرمایی است که $4/5 \text{ kg}$ آب $\theta_p = 50^\circ \text{C}$ دریافت می‌کند تا دمای آن نیز به دمای تعادل $\theta_e = 52^\circ \text{C}$ برسد از این رو خواهیم داشت.

$$Q_{Al} + Q_W = 0 \Rightarrow m_{Al} c_{Al} (\theta_e - \theta_{1Al}) + m_W c_W (\theta_e - \theta_{1W}) = 0$$

$$\xrightarrow{c_{Al} = 900 \text{ J/kg}^\circ \text{C}, c_W = 4200 \text{ J/kg}^\circ \text{C}}$$

$$m \times 900 (52 - 94) + 4/5 \times 4200 (52 - 50) = 0 \Rightarrow 2m \times (42) = 42 \times 2 \Rightarrow m = 1 \text{ kg}$$