



گزینه ۲

۱

باتوجه به شکل داریم:

$$\lambda_A = \frac{v}{f} \lambda_B \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \frac{v_A}{f_A} = \frac{v}{f} \times \frac{v_B}{f_B} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{f}{f_B} = \frac{3}{2} \times \frac{4}{3} = 2 \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = 2$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\text{هر دو موج در یک طناب منتشر شده‌اند، بنابراین } \mu \text{ برای هر دو موج یکسان است}} \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{F_A}{F_B}} \Rightarrow 2 = \sqrt{\frac{F_A}{F_B}} \Rightarrow \frac{F_A}{F_B} = 4$$

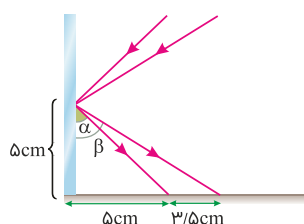
گزینه ۴

۲

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی برهم عمودند و همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند؛ یعنی در لحظه‌ای که E برابر ۷/۰ میدان بیشینه بوده، B نیز برابر ۷/۰ میدان مغناطیسی بیشینه بوده است.

گزینه ۴

۳



$$\tan \alpha = \frac{\Delta}{\Delta} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$\tan \beta = \frac{\Delta/5}{\Delta} = 1/5 = \sqrt{3} \Rightarrow \beta = 60^\circ$$

پس پرتو باید به اندازه $\beta - \alpha$ یعنی ۱۵ درجه به صورت ساعتگرد بچرخد.

گزینه ۲

۴

بررسی موارد:

(الف) نادرست. حرکت هماهنگ ساده یک حرکت با شتاب متغیر است؛ زیرا نیروی وارد بر نوسانگر متغیر است.

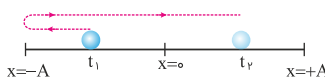
(ب) نادرست. چون حرکت با شتاب متغیر است، در زمان‌های مساوی، مسافت‌های متفاوتی طی می‌شود.

(پ) درست. نیروی وارد بر نوسانگر همواره به سمت مرکز نوسان یا همان نقطه تعادل است؛ بنابراین طبق قانون دوم نیوتون شتاب نیز هم‌جهت با نیروی وارد بر نوسانگر و به سمت نقطه تعادل است.

(ت) درست. هنگام دور شدن نوسانگر از مرکز نوسان، تندی نوسانگر در حال کاهش است؛ بنابراین حرکت جسم کندشونده است. در حرکت کندشونده بردارهای شتاب و سرعت خلاف جهت یکدیگرند.

(ث) درست. با نزدیک شدن نوسانگر به نقطه تعادل، اندازه نیروی وارد بر نوسانگر کاهش می‌یابد. طبق قانون دوم ($F_{\text{net}} = ma$) با کم شدن اندازه نیرو، اندازه شتاب نیز کاهش می‌یابد.

باتوجه به نمودار صورت سؤال مسیر حرکت جسم به صورت زیر رسم می‌شود.



در مکان‌های منفی علامت شتاب مثبت و در مکان‌های مثبت علامت شتاب منفی است؛ بنابراین در بازه زمانی خواسته شده یکبار علامت شتاب تغییر می‌کند. از طرفی جهت حرکت هنگام عبور از دامنه $x = \pm A$ تغییر می‌کند که باتوجه به شکل مسیر حرکت یکبار جهت حرکت تغییر می‌کند.

باتوجه به نمودار $\frac{\lambda}{v} = 0.2$ و در نتیجه $\lambda = 0.4 \text{ m}$ است. از طرفی با استفاده از رابطه $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ می‌توان نوشت:

$$\mu = \frac{m}{l} = \frac{20 \times 10^{-3} \text{ kg}}{1 \text{ m}}, \quad v = \sqrt{\frac{128}{2 \times 10^{-2}}} = 80 \text{ m/s}$$

حال با استفاده از رابطه $\lambda = vT$ می‌توان دوره تناوب را به دست آورد:

$$\lambda = vT \Rightarrow 0.4 = 80T \Rightarrow T = 2 \times 10^{-3} \text{ s} = 2 \text{ ms}$$

بنابراین 4 ms برابر با $2T$ است. از طرفی چون هریک از ذرات ریسمان در هر دوره تناوب به اندازه $4A$ مسافت طی می‌کنند، پس در مدت زمان $2T$ به اندازه $8A$ ($2 \times 4A$) مسافت طی می‌کند، یعنی:

$$8A = \lambda \times \frac{15}{100} = 1.2 \text{ m}$$

ابتدا به کمک نمودار، ω را محاسبه می‌کنیم:

$$x = A \cos \omega t \Rightarrow 2\sqrt{3} = 4 \cos \omega t \Rightarrow \cos \omega t = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

چون برای بار دوم $\cos \omega t = \frac{\sqrt{3}}{2}$ شده است، پس داریم:

$$\omega t = \frac{11\pi}{6} \xrightarrow{t = \frac{11}{120}} \omega \times \frac{11}{120} = \frac{11\pi}{6} \Rightarrow \omega = 20\pi$$

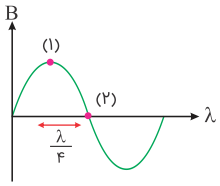
حالا از رابطه $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ، ثابت فنر را محاسبه می‌کنیم:

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow k = 2 \times 400\pi^2 = 800\pi^2 \text{ N/m}$$

$$\lambda + \frac{\lambda}{2} = 1/\omega \Rightarrow \frac{3}{2}\lambda = 1/\omega \Rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f \Rightarrow v = 1 \times 10 = 10 \text{ m/s} \Rightarrow v = 36 \text{ km/h}$$

چون میدان الکتریکی و مغناطیسی همگام هستند، پس در t_2 میدان الکتریکی هم صفر است و حداقل فاصله آنها باتوجه به نمودار $\frac{\lambda}{4}$ می شود که هم ارز با $\frac{T}{4}$ است:



$$\lambda = vT \Rightarrow 900 \times 10^3 = 3 \times 10^8 \times T$$

$$\Rightarrow T = 3 \times 10^{-3} \text{ s} \Rightarrow \frac{T}{4} = \frac{3}{4} \times 10^{-3} \text{ s}$$

ابتدا دوره تناوب و نیز بسامد زاویه ای را به دست می آوریم. دقت کنید که نوسانگر در هر دوره، ۲ بار خط نوسان را طی می کند.

$$T = \frac{t}{n} = \frac{60}{75} = 0.8 \text{ s} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.8} = 2.5\pi \text{ rad/s}$$

نوسانگر در هر دوره مسافت $4A$ را طی می کند پس در ۷۵ دوره خواهیم داشت:

$$\text{تعداد نوسانات} = \frac{\text{مسافت طی شده}}{4A} \Rightarrow 75 = \frac{21}{4A} \Rightarrow A = 0.07 \text{ m} = 7 \text{ cm}$$

حداکثر تندی نوسانگر برابر است با:

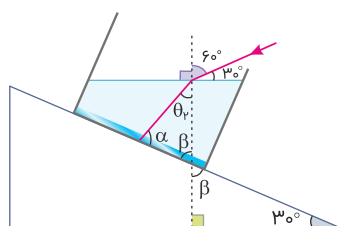
$$V_{\max} = A\omega = 7 \times 2.5\pi = 52.5 \text{ cm/s}$$

بررسی عبارت ها:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \text{ :طبق رابطه}$$

(ب) نادرست است. بسامد از مشخصه های منبع موج است و با تغییر محیط تغییر نمی کند.

(ج) نادرست است. از رابطه $v = \lambda f$ و با توجه به ثابت بودن f می توان گفت که تندی با طول موج نسبت مستقیم دارد و با کاهش تندی، طول موج نیز کاهش می یابد.



$$\frac{\sin \theta_r}{\sin 60^\circ} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \sin \theta_r = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$

$$\theta_r + \beta + \alpha = 90^\circ + 30^\circ + \beta \Rightarrow \theta_r + \alpha = 120^\circ \Rightarrow \alpha = 90^\circ$$

پس پرتو عمود بر سطح آینه به کف ظرف خورده و همان مسیر رفت را بازمی‌گردد. و زاویه پرتو خروجی با سطح مایع 30° درجه می‌شود.

گام اول: ابتدا تغییر طول فنر ناشی از نیروی $F = 20 \text{ N}$ را به دست می‌آوریم. این تغییر طول فنر برابر دامنه نوسان نوسانگر است.

$$F = kx \Rightarrow 20 = 200 \times x \Rightarrow x = 0.1 \text{ m} \Rightarrow A = x = 0.1 \text{ m}$$

گام دوم: انرژی مکانیکی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (0.1)^2 = 1 \text{ J}$$

گام سوم: انرژی جنبشی نوسانگر و تندی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$E = U + K \Rightarrow 1 = 0.75 + K \Rightarrow K = 0.25 \text{ J}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow 0.25 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2 \Rightarrow v = 0.5 \text{ m/s}$$

اگر انرژی صوتی تولیدشده توسط یک چشمه صوت، در مدت t برابر E باشد، توان این چشمه صوتی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P = \frac{E}{t}$$

شدت صوت I برابر مقدار انرژی ای است که در واحد زمان، از واحد سطح عمود بر راستای انتشار صوت می‌گذرد و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$I = \frac{E}{At} = \frac{P}{A}$$

معمولاً جبهه‌های موج ارسالی از یک چشمه صوت، به شکل کروی در تمام جهات پخش می‌شوند. مساحت کره از رابطه $A = 4\pi r^2$ به دست می‌آید. پس شدت صوت بر سطح هر کره، از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \Rightarrow 0.4 = \frac{120}{4 \times 3 \times r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{10}{4} = \frac{100}{4} = 25 \Rightarrow r = 5 \text{ m}$$

گام اول: بیشترین فاصله وزنه از نقطه تعادل (طول عادی فنر) برابر با دامنه نوسان است؛ بنابراین دامنه نوسان برابر با ۱۰ cm است.
گام دوم: مدت زمان رسیدن نوسانگر از یک نقطه بازگشت به نقطه بازگشت دیگر بدون تغییر جهت برابر با $\frac{T}{2}$ است؛ بنابراین:

$$\frac{T}{2} = 0.2 \Rightarrow T = 0.4 \text{ s}$$

طبق رابطه $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، بسامد زاویه‌ای برحسب رادیان بر ثانیه برابر است با:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.4} = 5\pi \text{ rad/s}$$

گام اول: بسامد زاویه‌ای نوسانگر را از رابطه $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ به دست می‌آوریم.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{200}{0.2}} = 10\sqrt{10}$$

گام دوم: بیشینه تندی نوسانگر که دارای فرمول $v_m = A\omega$ است را برابر با 0.2π قرار می‌دهیم تا دامنه نوسان به دست آید.

$$v_m = A\omega \Rightarrow 0.2\pi = A \times 10\sqrt{10} \xrightarrow{\sqrt{10} \simeq \pi} A = 0.02 \text{ m}$$

گام سوم: در بازه زمانی $\frac{T}{2}$ (بدون توجه به مکان اولیه) نوسانگر مسافت $\ell = 2A$ را طی می‌کند؛ بنابراین تندی متوسط در این بازه زمانی برابر است با:

$$\omega = 10\sqrt{10} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 0.2 \text{ (s)}$$

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{2A}{\frac{T}{2}} = \frac{2 \times 0.02}{\frac{0.2}{2}} = 0.4 \text{ m/s}$$

اندازه شتاب نوسانگر از رابطه $|a| = |x\omega^2|$ و اندازه شتاب بیشینه آن از رابطه $|a_{\max}| = |A\omega^2|$ به دست می‌آید؛ پس داریم:

$$\left| \frac{a}{a_{\max}} \right| = \left| \frac{x}{A} \right| = |\cos \omega t|$$

حالا نسبت $\left| \frac{a}{a_{\max}} \right|$ را به دست می‌آوریم:

$$\left| \frac{a}{a_{\max}} \right| = \left| \cos \frac{4\pi}{3} \right| = \frac{1}{2}$$

باتوجه به اینکه پرتو A کمتر از پرتو B منحرف شده است، می‌توان نتیجه گرفت که ضریب شکست محیط ۲ برای A کمتر از B بوده و همچنین طول‌موج نور با ضریب شکست محیط نسبت وارون دارد. چون ضریب شکست محیط ۲ برای B بیشتر از A بوده، بنابراین طول‌موج B کوتاه‌تر از طول‌موج A است. و باتوجه به رابطه $n = \frac{c}{v}$ سرعت با ضریب شکست رابطه عکس دارد، پس $v_A > v_B$ خواهد بود.

گام اول: نمودار نشان می‌دهد در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر $\frac{1}{2}J$ است، انرژی پتانسیل آن $\frac{1}{6}J$ است، بنابراین:

$$E = K + U = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}J$$

$$E = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times v_{\max}^2 \Rightarrow v_{\max}^2 = 2 \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{2} \text{ m/s}$$

گام دوم: انرژی جنبشی جسم را در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل آن $\frac{1}{3}J$ است، به دست آورده و سپس خواسته تست را محاسبه می‌کنیم:

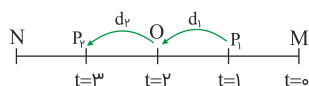
$$E = K' + U' \Rightarrow \frac{1}{3} = K' + \frac{1}{3} \Rightarrow K' = 0 \text{ J}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv'^2 = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times v'^2 = 0 \Rightarrow v'^2 = 0 \Rightarrow v' = 0 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \frac{v'}{v_{\max}} = \frac{0}{\sqrt{2}} = 0$$

چون دو منبع یکسان هستند، دامنه و بسامد تولیدی آن‌ها یکسان است. بنابراین انرژی تولیدی دو منبع برابر است. چون صوت در یک راستا پخش می‌شود و پراکندگی در محیط ندارد، تمام انرژی تولیدشده هر دو منبع در هر واحد زمان از تمام سطوح عمود بر راستای انتشار صوت عبور می‌کند و فاصله از چشمه تأثیری در شدت صوت و در نتیجه تراز شدت صوت ندارد. بنابراین تراز شدت صوت در سطح هر دو صفحه باهم برابر است.

$$d_1 = d_2$$

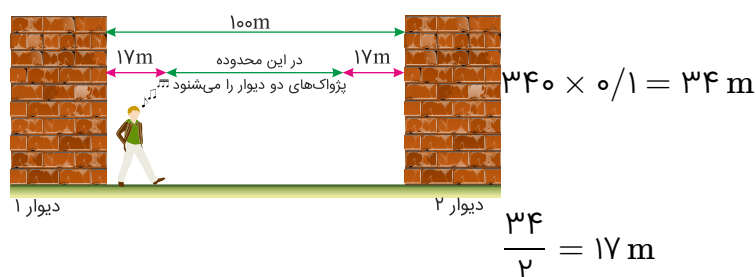


شتاب در یک انتهای مسیر به حداکثر خود می‌رسد که برابر $a_m = A\omega^2$ است. برای محاسبه حداقل a_m باید ω کمترین مقدار و دوره بیشترین مقدار باشد، بنابراین باید نوسانگر در بازه زمانی $1 < t < 3$ از مرکز نوسان بگذرد و در $t = 2$ (s) در مرکز نوسان باشد.

$$\frac{T}{4} = 2 \Rightarrow T = 8 \text{ (s)} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{8} = \frac{\pi}{4} \text{ rad/s}$$

$$a_m = A\omega^2 = 0.2 \times \frac{\pi^2}{16} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} \text{ m/s}^2$$

رفت و برگشت از هر دیوار:



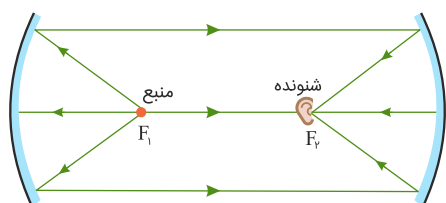
فاصله از هر دیوار:

$$100 - 2(17) = 66 \text{ m}$$

$$66 = 2 \times t$$

$$t = 33 \text{ s}$$

برای اینکه دو شخص صدای یکدیگر را با بیشترین شدت بشنوند، هر دو باید روی کانون سطح نزدیک به خودشان قرار بگیرند، در این صورت بازتاب پرتوها به صورت زیر خواهد بود.



بنابراین فاصله دو شخص از یکدیگر برابر $38/4 \text{ m} = 40 - (0/8 + 0/8)$ خواهد بود.

با دور شدن ناظر از منبع صوت بسامد صوتی که می‌شنود از بسامد منبع صوت کمتر است ولی چون ناظر با سرعت ثابت حرکت می‌کند بسامد صوتی که می‌شنود ثابت است.

فقط عبارت (پ) غلط است. در نقاط بازگشتی که بعد حداکثر می‌شود، سرعت و در نتیجه انرژی جنبشی نوسانگر صفر می‌شود.

مسافت طی شده در ۲ نوسان کامل برابر ۲ طول موج است:

$$2\lambda = 0.5 \text{ m} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{4} \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{v}{300} \Rightarrow v = 75 \text{ m/s}$$

زاویه انحراف را در حالت اول محاسبه می‌کنیم:

$$D_1 = \theta_1 - \theta_r = 53^\circ - 30^\circ = 23^\circ$$

رابطه اسنل ($n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_r$) را برای حالت‌های اول و دوم می‌نویسیم:

$$\text{حالت اول: } n \sin 53^\circ = (n + 2) \sin 30^\circ \Rightarrow \frac{n + 2}{n} = \frac{0.8}{0.5} = \frac{8}{5}$$

$$\text{حالت دوم: } n \sin 45^\circ = (n + 2) \sin \theta_r \Rightarrow \frac{n + 2}{n} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta_r} \Rightarrow \frac{n + 2}{n} = \frac{0.7}{\sin \theta_r}$$

از رابطه‌های به دست آمده زاویه شکست در حالت دوم را به دست می‌آوریم:

$$\frac{0.7}{\sin \theta_r} = \frac{8}{5} \Rightarrow \sin \theta_r = \frac{3.5}{8} \Rightarrow \theta_r \simeq 25.94^\circ \simeq 26^\circ$$

زاویه انحراف را در حالت دوم محاسبه می‌کنیم:

$$D_r = \theta_1 - \theta_r = 45^\circ - 26^\circ = 19^\circ$$

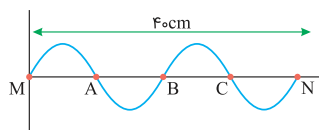
حال تفاوت زاویه انحراف حالت‌های دوم و اول را به دست می‌آوریم:

$$\Delta D = D_r - D_1 = 19^\circ - 23^\circ = -4^\circ$$

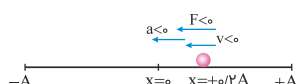
علامت منفی نشانه کاهش زاویه انحراف است.

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ m} \Rightarrow 20 \text{ cm}$$

باتوجه به طول موج درمی‌یابیم نقاط M و N به‌اندازه ۲ طول موج باهم فاصله دارند.



نقاط A، B و C نیز با نقطه M تندی یکسان و برابری دارند.



اگر نوسانگر به سمت وضع تعادل حرکت کند، حرکت آن تندشونده است. از طرفی می‌دانیم نیرو همواره در حرکت نوسانی به سمت وضع تعادل (مرکز نوسان) است؛ یعنی در زمانی که مکان جسم مثبت است، علامت نیروی وارد بر نوسانگر منفی است.

گام اول: ابتدا نسبت دوره تناوب آونگ را به دست می‌آوریم. اگر دوره تناوب در ارتفاع h را T_h و در سطح زمین را T_0 در نظر بگیریم، داریم:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow \frac{T_h}{T_0} = \sqrt{\frac{g_0}{g_h}} = \sqrt{\frac{g_0}{0.81g_0}} = \frac{10}{9}$$

گام دوم: نسبت مدت زمان نشان داده شده توسط دو ساعت به نسبت عکس دوره نوسان دو آونگ است. پس:

$$\frac{\Delta t_h}{\Delta t_0} = \frac{T_0}{T_h} \Rightarrow \frac{\Delta t_h}{24(h)} = \frac{9}{10} \Rightarrow \Delta t_h = 21/6 \text{ h}$$

پس ساعت در ارتفاع h به اندازه $2/4 \text{ h} = 144 \text{ min}$ عقب می‌افتد.