



گزینه ۳

۱

جمله‌های "الف"، "ب" و "ت" درست هستند؛ پس گزینه ۳ درست است.
 علت نادرستی جمله "پ": ضریب شکست شیشه برای نور قرمز کمتر از نورهای دیگر است؛ بنابراین نور قرمز کمتر از بقیه رنگ‌ها دچار شکست شده است.

گزینه ۳

۲

گام اول: تندی متوسط برابر با نسبت مسافت طی‌شده به مدت‌زمان طی کردن مسافت است. در یک دوره مسافت طی‌شده $\ell = 4A$ و زمان $\Delta t = T$ است.

$$S_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{4A}{T}$$

گام دوم: تندی بیشینه در یک حرکت نوسانی برابر با $v_{max} = A\omega$ است؛ بنابراین رابطه $A = \frac{v_{max}}{\omega}$ است.
 گام سوم: باتوجه به نتیجه گام اول و دوم و همچنین $\omega = \frac{2\pi}{T}$ داریم:

$$S_{av} = \frac{4A}{T} = \frac{4 \frac{v_{max}}{\omega}}{\frac{2\pi}{\omega}} = \frac{2v_{max}}{\pi}$$

گزینه ۳

۳

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{5}{10} \text{ m} \Rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10} \text{ s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0.1} = 20\pi \text{ rad/s}$$

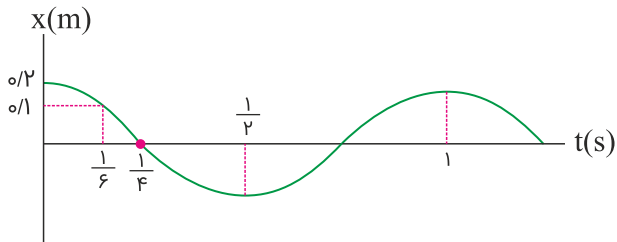
$$y = A \cos(\omega t) \Rightarrow y = 1 \cos(20\pi t) \xrightarrow{t = \frac{1}{20}} y = 1 \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ m} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 100 \text{ cm} = 50\sqrt{2} \text{ cm}$$

گام اول: دوره تناوب نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$x = 0.2 \cos 2\pi t \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = 2\pi \Rightarrow T = 1 \text{ s}$$

گام دوم: نمودار $x - t$ نوسانگر را رسم و لحظه $t = \frac{1}{6} \text{ s}$ را روی آن مشخص می‌کنیم:

$$x = 0.2 \cos 2\pi t \xrightarrow{t=\frac{1}{6} \text{ s}} x = 0.2 \cos \frac{2\pi}{6} \Rightarrow x = 0.2 \cos \frac{\pi}{3} = 0.1 \text{ m}$$



گام سوم: باتوجه به شکل در بازه زمانی $(0, \frac{1}{6} \text{ s})$ نوسانگر در حال نزدیک شدن به مرکز نوسان (نقطه تعادل) و حرکت تندشونده است؛ پس در لحظه $t = \frac{1}{6} \text{ s}$ نیز نوع حرکت نوسانگر تندشونده است.

$$L = (10 - 5) \times 2 = 10 \text{ cm}$$

$$\bar{S} = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow 1/2 = \frac{0.1}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{0.1}{1/2} = \frac{1}{12} \text{ (s)}$$

$$x = A \cos(\omega t) \Rightarrow -5 = 10 \cos(\omega t)$$

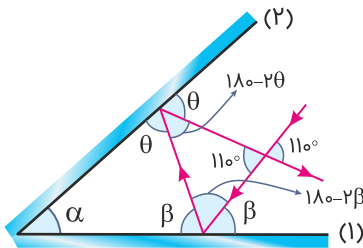
$$\Rightarrow \cos(\omega t) = -\frac{1}{2} \Rightarrow \begin{cases} \omega t_1 = \frac{2\pi}{3} \\ \omega t_2 = \frac{4\pi}{3} \end{cases} \Rightarrow \omega(t_2 - t_1) = \frac{2\pi}{3}$$

$$\Rightarrow \omega \times \frac{1}{12} = \frac{2\pi}{3} \Rightarrow \omega = 8\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 4 \text{ (Hz)}$$

تمام جمله‌ها در مورد حرکت یک نوسانگر درست است.

با استفاده از رابطه $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ می توان نوشت:

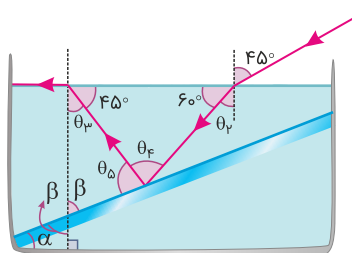
$$\begin{aligned} 92 &= 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 18 + 1/2 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow \log 10^8 + \log 2^6 = \log \frac{I}{10^{-12}} \\ \Rightarrow \log 16 \times 10^8 &= \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 16 \times 10^8 = \frac{I}{10^{-12}} \\ \Rightarrow I &= 1/6 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2 = 1/6 \text{ mW/m}^2 \end{aligned}$$



$$180 - 2\theta + 180 - 2\beta + 110 = 180$$

$$2\theta + 2\beta = 290 \Rightarrow \beta + \theta = 145$$

$$\alpha = 180 - (\theta + \beta) = 180 - 145 = 35$$



$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta_\gamma} = \frac{n_{\text{مایع}}}{n_{\text{هوا}}} = \sqrt{2} \Rightarrow \sin \theta_\gamma = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \theta_\gamma = 45^\circ$$

$$\frac{\sin \theta_\gamma}{\sin 90^\circ} = \frac{n_{\text{هوا}}}{n_{\text{مایع}}} \Rightarrow \sin \theta_\gamma = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_\gamma = 45^\circ$$

$$\theta_\gamma + 105^\circ = 180^\circ \Rightarrow \theta_\gamma = 75^\circ$$

$$\theta_\delta = \frac{180^\circ - 75^\circ}{2} = 52.5^\circ$$

$$\alpha + \beta + 90^\circ = 180^\circ$$

$$\theta_\gamma + \theta_\delta + \beta = 180^\circ$$

$$\theta_\gamma + \theta_\delta = \alpha + 90^\circ \Rightarrow 45^\circ + 52.5^\circ = \alpha + 90^\circ \Rightarrow \alpha = 7.5^\circ$$

گام اول: دوره تناوب حرکت نوسانی را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda \pi = \frac{v \pi}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f} \text{ s}$$

گام دوم: تعداد نوسان‌ها را در ۲ s اول به دست می‌آوریم:

$$n = \frac{t}{T} = \frac{2 \text{ s}}{\frac{1}{f}} = \lambda$$

گام سوم: نوسانگر در هر نوسان مسافتی معادل ۴ A را طی می‌کند، پس:

$$\ell = (4 A) \times \pi = 4 \times 0.3 \times \lambda = 9/6 \text{ m}$$

نکته ۱: در حرکت هماهنگ ساده، وقتی $x = 0$ است (یعنی نوسانگر از نقطه تعادل می‌گذرد) اندازه سرعت بیشینه است.

نکته ۲: وقتی نوسانگر در $x = \pm A$ است، سرعت آن برابر با صفر است.
باتوجه به این نکات برای رابطه داده شده داریم:

$$36\pi^2 x^2 + 4v^2 = 4\pi^2$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = 0, v = v_{\max} \Rightarrow 4v_{\max}^2 = 4\pi^2 \Rightarrow v_{\max} = \pi \xrightarrow{v_{\max}=A\omega} A\omega = \pi & (1) \\ v = 0, x = A \Rightarrow 36\pi^2 A^2 = 4\pi^2 \Rightarrow A = \frac{1}{3}m & (2) \end{cases}$$

$$(1): A\omega = \pi \xrightarrow{(2)} \frac{1}{3} \times \frac{2\pi}{T} = \pi \Rightarrow T = \frac{2}{3} s$$

گام اول: دامنه و دوره نوسان نوسانگر برابر است با:

$$A = \frac{\text{طول پاره خط نوسان}}{2} = \frac{0.4m}{2} = 0.2m$$

$$\begin{cases} 60s \rightarrow 30 \text{ نوسان} \\ T \rightarrow 1 \text{ نوسان} \end{cases} \Rightarrow T = \frac{60}{30} = 2s$$

گام دوم: انرژی مکانیکی نوسانگر از رابطه $E = \frac{1}{2}m(A\omega)^2$ به دست می‌آید. انرژی مکانیکی برابر است با:

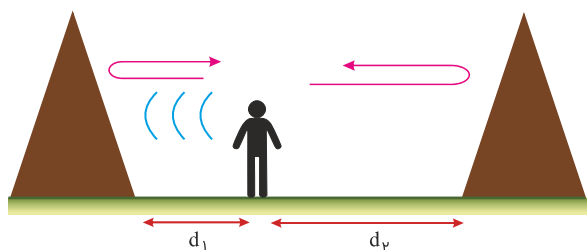
$$E = \frac{1}{2}m(A\omega)^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (0.2 \times \frac{2\pi}{2})^2 = 0.005 J = 5 mJ$$

گام سوم: انرژی جنبشی برابر است با:

$$K = E - U = 5 - 3 = 2 mJ$$

گام چهارم: تندی نوسانگر طبق رابطه $K = \frac{1}{2}mv^2$ ، برابر است با:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 0.1 \times v^2 \Rightarrow v = 0.2\sqrt{10} m/s$$



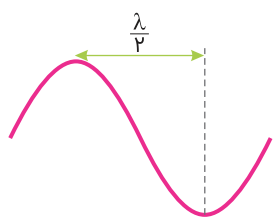
$$2d_1 = vt \Rightarrow 2 \times 360 = 300 \times t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{720}{300} = 2/5 \text{ s}$$

دانش‌آموز برای اینکه بتواند پژواک‌ها را از هم تشخیص دهد، باید حداقل فاصله زمانی دو پژواک ۰/۱ ثانیه باشد.

$$t_2 = t_1 + 0/1 = 2/5 \text{ s}$$

$$2d_2 = 300 \times 2/5 \Rightarrow d_2 = \frac{720}{2} = 360 \text{ m}$$

$$\text{حداقل فاصله دو کوه: } 360 + 360 = 720 \text{ m}$$



$$\frac{\lambda}{2} = 12/5 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 25 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 0/25 \text{ m} = \frac{3 \text{ m/s}}{f} \Rightarrow f = 12 \text{ Hz}$$

باتوجه به بسامد موج می‌توان دریافت که در هر ثانیه ۱۲ قله موج از یک نقطه طناب می‌گذرد؛ بنابراین:

$$N = f \cdot \Delta t = 12 \times 15 = 180$$

از رابطه $T = \frac{t}{n}$ دوره تناوب نوسان را به دست می‌آوریم:

$$T = \frac{(5 \times 60 \text{ s})}{1500} = \frac{300}{1500} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ s}$$

حالا از رابطه $f = \frac{1}{T}$ بسامد نوسان را محاسبه می‌کنیم:

$$f = \frac{1}{\frac{1}{5}} = 5 \text{ Hz}$$

گام اول: باتوجه به نمودار $\frac{T}{4} = 0.5 \text{ s}$ t_1 است، پس $T = 2 \text{ s}$ است. همچنین لحظه t_2 برابر با $T = 2 \text{ s}$ است.

گام دوم: باتوجه به نمودار مسافت طی شده در بازه t_1 تا t_2 برابر با $\ell = 3 \text{ A}$ است؛ پس تندی متوسط در این بازه برابر است با:

$$S_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} = \frac{3A}{t_2 - t_1} = \frac{3A}{2 - 0.5} = \frac{3 \times 0.04}{1/5} = 0.08 \text{ m/s}$$

گام سوم: سرعت نوسانگر در لحظه t_1 برابر با $-v_{\max}$ است؛ زیرا نوسانگر در مرکز نوسان است و در جهت منفی محور x حرکت می‌کند. در لحظه t_2 متحرک در نقطه بازگشت قرار دارد و سرعت آن برابر با صفر است؛ بنابراین شتاب متوسط در این بازه برابر است با:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{t_2} - v_{t_1}}{t_2 - t_1} = \frac{0 - (-A\omega)}{1/5} = \frac{0.04 \times \frac{2\pi}{2}}{1/5} = 0.08 \text{ m/s}^2$$

باتوجه به شکل دامنه نوسان $15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$ است. از طرفی:

$$T + \frac{1}{4}T = 2 \text{ s} \Rightarrow \frac{5}{4}T = 2 \Rightarrow T = \frac{8}{5} \text{ s}$$

حالا معادله مکان- زمان نوسانگر را می نویسیم:

$$x = A \cos \omega t = A \cos \frac{2\pi}{T} t$$

$$\Rightarrow x = 0.15 \cos \frac{2\pi}{\frac{8}{5}} t \Rightarrow x = 0.15 \cos \frac{5\pi}{4} t$$

ابتدا فاصله S_2 تا O را محاسبه می کنیم:

$$x = vt \Rightarrow x = 340 \left(\frac{1}{340} \right) = 1 \text{ m}$$

یعنی فاصله S_2 تا شخص، ۱ متر بیشتر از S_1 تا شخص است؛ و برابر با 13 m می باشد. باتوجه به قضیه فیثاغورس داریم:

$$13^2 = 1^2 + x^2 \Rightarrow x = 5 \text{ m}$$

پس فاصله بین S_1 و S_2 ، ۵ متر است؛ بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

$$\frac{V_{\max}}{a_{\max}} = \frac{A\omega}{A\omega^2} = \frac{1}{\omega} \Rightarrow 2\pi = \frac{1}{\omega} \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} 2\pi = \frac{T}{2\pi} \Rightarrow T = 4\pi^2 \xrightarrow{\pi^2 = 10} T = 40 \text{ s}$$

$$T = \frac{t}{n} \Rightarrow 40 = \frac{80}{n} \Rightarrow n = 2 \text{ دور کامل}$$

گام اول: باتوجه به اینکه زاویه پرتو شکست با خط عمود بر سطح در محیط (۲) بیشتر از زاویه پرتو تابش با خط عمود در محیط (۱) است، تندی نور در محیط (۲) بیشتر است؛ بنابراین:

$$v_2 = v_1 + 2 \times 10^7$$

گام دوم: طبق قانون شکست عمومی، داریم:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{v_2 - 2 \times 10^7}{v_2} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{v_2 - 2 \times 10^7}{v_2}$$

$$\Rightarrow 3v_2 = 4v_2 - 8 \times 10^7 \Rightarrow v_2 = 8 \times 10^7 \text{ m/s}$$

گام سوم: طبق رابطه $n = \frac{c}{v}$ ، ضریب شکست محیط (۲) برابر است با:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8}{8 \times 10^7} = \frac{30}{8} = 3.75$$

باتوجه به شکل متوجه می‌شویم که نیروی کشش برای هر تار برابر با وزن و زنه متصل به آن است:

$$\left. \begin{array}{l} F_1 = M_1 g \\ F_2 = M_2 g = 4M_1 g \end{array} \right\} \Rightarrow F_2 = 4F_1$$

به کمک رابطه سرعت انتشار موج در تارها می‌توانیم رابطه‌ای بین یکای جرم آن‌ها پیدا کنیم:

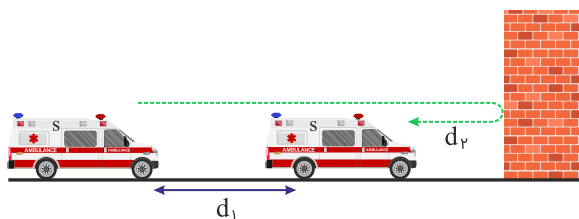
$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{v_1=v_2} \frac{F_1}{\mu_1} = \frac{F_2}{\mu_2} \Rightarrow \mu_2 = 4\mu_1 \Rightarrow \frac{m_2}{L_2} = 4 \frac{m_1}{L_1}$$

از همجنس بودن تارها می‌توان نتیجه گرفت که چگالی آن‌ها یکسان است؛ بنابراین:

$$\rho_2 = \rho_1 \Rightarrow \frac{m_2}{v_2} = \frac{m_1}{v_1} \Rightarrow \frac{M_2}{A_2 L_2} = \frac{M_1}{A_1 L_1} \Rightarrow \frac{4}{A_2} = \frac{1}{A_1} \Rightarrow A_2 = 4A_1$$

$$\pi \frac{d_2^2}{4} = 4\pi \frac{d_1^2}{4} \Rightarrow d_2^2 = 4d_1^2 \Rightarrow d_2 = 2d_1$$

دقت کنید منظور از ضخامت تار، قطر مقطع آن است.



$$v_1 = \frac{1}{5} v = 60 \text{ m/s} \quad \text{سرعت آمبولانس}$$

$$v_2 = 300 \text{ m/s} \quad \text{سرعت صوت}$$

$$d_1 = v_1 t = 60 \times 2/5 = 150 \text{ m}$$

$$d_1 + 2d_2 = v_2 t \Rightarrow 150 + 2d_2 = 300 \times 2/5$$

$$150 + 2d_2 = 120 \Rightarrow d_2 = 300 \text{ m}$$

توجه کنید که تمام انرژی منبع صوت از دهانه خروجی بلندگو عبور می‌کند. بنابراین توان صوت عبوری از دهانه بلندگو همان توان تولیدی منبع است. بنابراین شدت صوت در دهانه خروجی بلندگو برابر است با:

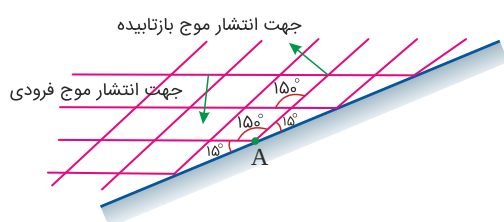
$$I = \frac{P}{A} = \frac{P_0}{\pi r^2} = \frac{P_0}{\pi \times \left(\frac{1}{r}\right)^2} = \frac{10}{\pi} \text{ W/m}^2$$

جمله‌ای که در گزینه ۳ بیان شده، نادرست است. به این علت که به نوسان‌هایی که به صورت سینوسی رخ می‌دهد، هماهنگ ساده گفته می‌شود.

اگر حرکت منبع صوت و شنونده به گونه‌ای باشد که فاصله بین آن‌ها در حال کم شدن باشد، بسامد صوت شنیده شده بیشتر از بسامد واقعی منبع است و اگر حرکت منبع و شنونده به گونه‌ای باشد که فاصله بین آن‌ها در حال زیاد شدن باشد، بسامد صوت شنیده شده کمتر از بسامد واقعی منبع است.

در گزینه‌های (۱)، (۲) و (۴) فاصله منبع و شنونده در حال کم شدن است، بنابراین بسامد شنیده شده بیشتر از بسامد منبع است. در گزینه (۳) فاصله منبع و شنونده در حال زیاد شدن است بنابراین بسامد شنیده شده کمتر از بسامد منبع یعنی f_1 است. پس گزینه ۳ درست است.

باتوجه به شکل درمی‌یابیم که در نقطه A زاویه بین جبهه موج و سطح آینه 15° است. باتوجه به این نکته که زاویه بین جبهه موج تخت و سطح آینه برابر با زاویه تابش است، می‌توانیم نتیجه بگیریم که زاویه تابش 15° است.



باتوجه به نمودار داده شده، بیشینه انرژی جنبشی جسم که همان انرژی مکانیکی جسم است برابر 0.08 J و دامنه نوسان‌های آن 5 cm است. بنابراین داریم:

$$E = \frac{1}{2} k A^2 \Rightarrow 0.08 = \frac{1}{2} \times k \times (5 \times 10^{-2})^2$$

$$\Rightarrow 8 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times k \times 25 \times 10^{-4} \Rightarrow k = 64 \text{ N/m}$$

بیشترین زاویه انحراف را زمانی داریم که زاویه شکست بیشترین مقدار خود را داشته باشد. بیشترین زاویه شکست در شکل داده شده 90° است؛ بنابراین داریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 2 \sin \theta_1 = 1 \times \sin 90^\circ \Rightarrow \sin \theta_1 = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_1 = 30^\circ$$

باتوجه به شکل نمودار می‌فهمیم که $\frac{5}{2}\lambda = 4 \text{ m}$ است؛ پس:

$$\frac{5}{2}\lambda = 4 \Rightarrow \lambda = \frac{8}{5} \text{ m}$$

از رابطه $T = \frac{\lambda}{v}$ دوره تناوب را به دست می‌آوریم:

$$T = \frac{\frac{8}{5} \text{ m}}{24} = \frac{1}{15} \text{ s}$$

تعداد نوسان‌هایی را که نقطه A در مدت زمان S انجام داده است، محاسبه می‌کنیم:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow n = \frac{0/4}{\frac{1}{15}} = 6$$

ذره A در هر نوسان مسافتی را به اندازه $4A$ طی می‌کند؛ پس:

$$\ell = 6 \times 4A = 6 \times 4 \times (0/15) = 3/6 \text{ m}$$

در امواج الکترومغناطیسی میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی همگام (هم‌فاز) هستند؛ یعنی باهم صفر و باهم بیشینه می‌شوند.