۱ گزینه ۱

گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۶۶ دسی‌بل ← $\beta = ۶۶\,dB = ۶/۶B$

ب) شدت صوت؟ ← $I = ?$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_۰} \\ I_۰ = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲ \\ \log ۲ = ۰/۳ \Rightarrow ۱۰^{۰/۳} = ۲ \end{cases} \Rightarrow ۶/۶ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^{۶/۶} = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^۶ \times (۱۰^{۰/۳})^۲ = ۴ \times ۱۰^{-۶} W/m^۲$$

۲ گزینه ۴

گام اول

الف) شدت دو صوت، ۱۰۰ و ۵۰۰ میکروواوت بر سانتی‌مترمربع ← $\begin{cases} I_۱ = ۱۰۰\mu W/cm^۲ = ۱W/m^۲ \\ I_۲ = ۵۰۰\mu W/cm^۲ = ۵W/m^۲ \end{cases}$

ب) تراز شدت صدای بلندتر، چند دسی‌بل بیشتر از تراز شدت صوت دیگر است؟ ← $\beta_۲ - \beta_۱ = ?(dB)$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰}$ (برحسب دسی‌بل) مقدار $\beta_۲ - \beta_۱$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۰} - ۱۰ \log \frac{I_۱}{I_۰} \\ \log ۲ = ۰/۳ \Rightarrow \log ۵ = ۰/۷ \end{cases} \Rightarrow \beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰(\log I_۲ - \cancel{\log I_۰} - ۱۰ \log I_۱ + ۱۰\cancel{\log I_۰})$$

$$= ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰ \log \frac{۵}{۱} = ۱۰ \times ۰/۷ = ۷\,dB$$

۳ گزینه ۲

گام اول

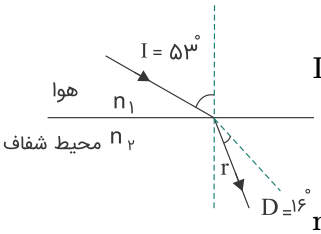
الف) پرتو نور تحت زاویهٔ ۵۳° از هوا وارد محیط شفافی می‌شود. $\leftarrow \hat{i} = ۵۳^\circ$

ب) ۱۶° منحرف می‌شود $\leftarrow \hat{D} = ۱۶^\circ$

ج) ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟ $\leftarrow n_۲ = ?$

گام دوم

ابتدا باید زاویهٔ شکست در محیط شفاف را محاسبه کنیم:



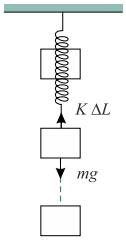
$$\hat{D} = \hat{i} - \hat{r} = ۱۶^\circ \Rightarrow ۵۳ - \hat{r} = ۱۶^\circ \Rightarrow \hat{r} = ۳۷^\circ$$

حال می‌توانیم ضریب شکست مادهٔ شفاف را به دست آوریم:

$$n_۲ = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} \Rightarrow n_۲ = \frac{\sin ۵۳^\circ}{\sin ۳۷^\circ} = \frac{۰/۸}{۰/۶} = \frac{۴}{۳}$$

۴ گزینه ۳

وقتی فنر را می‌کشیم و رها می‌کنیم مرکز نوسان همان نقطه‌ای می‌شود که فنر در حالت تعادل بوده است و در آن نقطه برآیند نیروها صفر است.



$$mg = k\Delta l \Rightarrow \frac{m}{k} = \frac{\Delta L}{g}$$

از طرفی:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{۲\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = ۲\pi\sqrt{\frac{\Delta L}{g}} = ۲\pi\sqrt{\frac{۰/۱}{۱۰}}$$

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{۱}{۱۰۰}} \Rightarrow T = \frac{۲\pi}{۱۰} = \frac{\pi}{۵}\,s$$

۵ گزینه ۲

$$\left.\begin{array}{l} E = K + U \\ K = U \end{array}\right\} \Rightarrow E = ۲K$$

$$\left.\begin{array}{l} K = \frac{E}{۲} = \frac{۸}{۲}\,mJ = ۴ \times ۱۰^{-۳}\,J \\ K = \frac{۱}{۲}mv^{۲} \end{array}\right\} \Rightarrow ۴ \times ۱۰^{-۳} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^{-۱} \times v^{۲} \Rightarrow v^{۲} = \frac{۲}{۲۵} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{۲}}{۵}\,m/s$$

۶ گزینه ۲

گام اول

الف) نیروی کشش تاری $۱۲۸N$ ← $F_۱ = ۱۲۸N$

ب) سرعت انتشار امواج عرضی در آن $۱۶۰m/s$ ← $v_۱ = ۱۶۰m/s$

ج) نیروی کشش تار را چند نیوتن افزایش دهیم ← $\Delta F = ?$

د) تا سرعت انتشار موج در آن $۲۰۰m/s$ شود ← $v_۲ = ۲۰۰m/s$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$، نسبت $\frac{v_۲}{v_۱}$ را نوشته، نیروی ثانویه را به دست آورده و درنهایت میزان افزایش نیرو (ΔF) را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\sqrt{\frac{F_۲}{\mu}}}{\sqrt{\frac{F_۱}{\mu}}} \Rightarrow \frac{۲۰۰}{۱۶۰} = \sqrt{\frac{F_۲}{۱۲۸}} \Rightarrow F_۲ = ۲۰۰N$$

$$\Delta F = F_۲ - F_۱ = ۲۰۰ - ۱۲۸ = ۷۲N$$

۷ گزینه ۱

هنگامی‌که نوسانگر تغییر جهت می‌دهد، شتاب بیشینه است:

$$a_{max} = ۰/۸\,\pi^{۲} m/s^{۲}$$

هنگامی‌که نیرو صفر است، نوسانگر از مرکز نوسان می‌گذرد و سرعت آن بیشینه است:

$$v_{max} = ۰/۲\,\pi\,m/s$$

$$|a| = |-\omega^{۲}x| \Rightarrow a = \omega^{۲}x$$

$$\omega = \frac{a_{max}}{v_{max}} = \frac{۰/۸\pi^{۲}}{۰/۲\pi} = ۴\pi\,rad/s$$

$$a = (۴\pi)^{۲} \times ۱ \times ۱۰^{-۲} \Rightarrow a = ۰/۱۶\pi^{۲}\,m/s^{۲}$$

۸ گزینه ۲

گام اول

الف) موج عرضی با بسامد ۲/۵ هرتز ← $f = ۲/۵Hz$

ب) با سرعت $۰/۵m/s$ منتشر می‌شود← $v = ۰/۵m/s$

ج) فاصلهٔ بین دو قلهٔ متوالی موج چند سانتی‌متر است؟ ← $\lambda = ?(cm)$

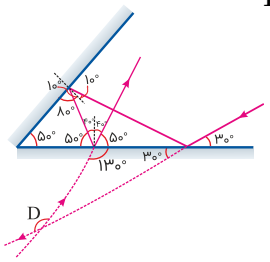
گام دوم

باتوجه‌به اینکه فاصلهٔ بین دو قلهٔ متوالی، همان طول موج است، از رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ برای محاسبهٔ طول موج استفاده می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{۰/۵}{۲/۵} = ۰/۲m = ۲۰cm$$

۹ گزینه ۳

$$D = ۱۳۰ + ۳۰ = ۱۶۰^\circ$$



نکته: برای درست فهمیدن این سؤال باید به کلمه امتداد پرتوها دقت شود.

۱۰ گزینه ۲

گام اول

الف) قطر مقطع یک سیم مرتعش ۱ میلی‌متر ← $\text{قطر} : d = ۱mm = ۱۰^{-۳}m \Rightarrow \text{شعاع} : r = \frac{d}{۲} = \frac{۱۰^{-۳}}{۲}m$

ب) چگالی آن $۸g/cm^۳$ ← $\rho = ۸g/cm^۳ = ۸۰۰۰kg/m^۳$

ج) طول آن $۸۰cm$ ← $\Delta x = l = ۸۰cm = ۰/۸m$

د) اگر یک موج عرضی در مدت ۰/۰۲ ثانیه طول سیم را طی کند ← $\Delta t = ۰/۰۲s$

هـ) نیروی کشش سیم چند نیوتن است؟ ← $F = ?$

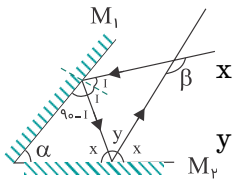
گام دوم

ابتدا با استفاده از رابطهٔ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$، سرعت را به دست آورده و درنهایت به کمک معادلهٔ $v = \sqrt{\frac{F.l}{m}}$، نیروی کشش سیم را محاسبه می‌کنیم:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{۰/۸}{۰/۰۲} = ۴۰m/s$$

$$v = \sqrt{\frac{F.l}{m}} \Rightarrow F = v^۲ \times \frac{m}{l} \xrightarrow{m=\rho.V=\rho.A.l} F = \frac{v^۲.\rho.A.l}{l} = v^۲.\rho.A \xrightarrow{A=\pi r^۲} F = ۱۶۰۰ \times ۸۰۰۰ \times ۳ \times \frac{۱۰^{-۶}}{۴} = ۹/۶N$$

۱۱ گزینه ۱



$$x+\alpha+۹۰-i=۱۸۰ \Rightarrow x=۹۰+i-\alpha \qquad (۱)$$

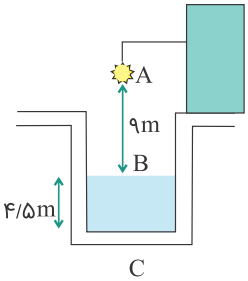
$$y=۱۸۰-۲x \xrightarrow{(۱)} y=۱۸۰-۲(۹۰+i-\alpha) \Rightarrow y=-۲i+۲\alpha \qquad (۲)$$

$$\beta=۲i+y \xrightarrow{(۲)} \beta=۲i-۲i+۲\alpha \Rightarrow \beta=۲\alpha$$

بنابراین، زاویه β فقط به مقدار α بستگی دارد.

۱۲ گزینه ۴

برای آنکه مدت زمان را محاسبه کنیم ابتدا باید سرعت عبور نور را در هرکدام از محیط‌ها به دست بیاوریم. سرعت نور در هوا برابر c است پس سرعت نور در آب برابر است با:



$$\begin{cases} v_{\text{آب}}=\dfrac{c}{n} \\ n=\dfrac{۴}{۳} \\ c=۳\times ۱۰^{۸}\,m/s \end{cases} \Rightarrow v_{\text{آب}}=\frac{۳\times ۱۰^{۸}}{\frac{۴}{۳}}=\frac{۹\times ۱۰^{۸}}{۴}\,m/s$$

حالا می‌توانیم مدت زمان رفت را محاسبه کنیم:

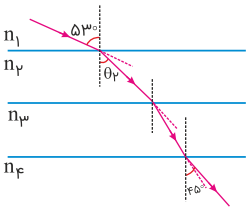
$$\begin{cases} t_{AB}=\dfrac{\Delta x_{AB}}{v_{\text{هوا}}} \\ \Delta x_{AB}=۹\,m \\ v_{\text{هوا}}=c=۳\times ۱۰^{۸}\,m/s \end{cases} \Rightarrow t_{AB}=\frac{\Delta x_{AB}}{v_{\text{هوا}}}=\frac{۹}{۳\times ۱۰^{۸}}=۳\times ۱۰^{-۸}\,s$$

$$\begin{cases} t_{BC}=\dfrac{\Delta x_{BC}}{v_{\text{آب}}} \\ \Delta x_{BC}=۴/۵\,m \end{cases} \Rightarrow t_{BC}=\frac{۴/۵}{\frac{۹}{۴}\times ۱۰^{۸}}=۲\times ۱۰^{-۸}\,s$$

مدت زمان رفت و برگشت ۲ برابر زمان رفت بوده، بنابراین:

$$t_{\text{رفت و برگشت}}=۲\times(t_{BC}+t_{BA})=۲\times\left(۳\times ۱۰^{-۸}+۲\times ۱۰^{-۸}\right)=۱۰^{-۷}\,s$$

۱۳ گزینه ۴



$$\frac{v_۱}{v_۲}=\frac{\sin\theta_۱}{\sin\theta_۲} \Rightarrow \frac{v_۱}{\frac{۳}{۴}v_۱}=\frac{۰/۸}{\sin\theta_۲} \Rightarrow \sin\theta_۲=۰/۶ \Rightarrow \theta_۲=۳۷^\circ$$

$$\frac{v_۳}{v_۴}=\frac{\sin\theta_۳}{\sin\theta_۴} \Rightarrow \frac{v_۳}{۱/۴v_۳}=\frac{\sin\theta_۳}{\sin ۴۵^\circ} \Rightarrow \theta_۳=۳۰^\circ$$

$$\frac{n_۲}{n_۳}=\frac{\sin\theta_۳}{\sin\theta_۲} \Rightarrow \frac{n_۲}{n_۳}=\frac{\sin ۳۰}{\sin ۳۷}=\frac{\frac{۱}{۲}}{۰/۶}=\frac{۵}{۶}$$

البته باید در صورت سؤال موازی بودن سطح مشترک محیط‌ها ذکر می‌شد.

۱۴ گزینه ۱

گام اول

الف) دامنهٔ حرکت وزنه- فنر $5cm \rightarrow A = 5cm = 0/05m$

ب) جرم وزنه ۲۰۰ گرم $\rightarrow m = 200g = 0/2kg$

ج) ثابت فنر $200N/m \rightarrow k = 200N/m$

د) انرژی کل نوسانگر؟ $\rightarrow E = ?$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه در سؤال، داده‌های مربوط به انرژی پتانسیل کشسانی فنر را در اختیار گذاشته، از رابطهٔ $E = U_{max} = \frac{1}{2}kA^2$ استفاده می‌کنیم:

$$E = U_{max} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (0/05)^2 = 0/25J$$

۱۵ گزینه ۲

گام اول: ابتدا با استفاده از رابطهٔ $\beta_2 - \beta_1 = 10\log\frac{I_2}{I_1}$، نسبت شدت صوت‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\beta_1 - \beta_2 = 10\log\frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 18 = 10\log\frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 1/8 = \log\frac{I_1}{I_2}$$

$$9 \times 0/3 = \log\frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 9\log 2 = \log\frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \log 2^9 = \log\frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 2^9$$

توجه کنید که چون $\beta_1 > \beta_2$ بود، از $\beta_1 - \beta_2$ برای محاسبات استفاده کردیم.

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $\frac{I_1}{I_2} = (\frac{d_2}{d_1})^2$، نسبت $\frac{d_2}{d_1}$ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{I_1}{I_2} = (\frac{d_2}{d_1})^2 \Rightarrow 2^9 = (\frac{d_2}{d_1})^2 \Rightarrow 2^3 = \frac{d_2}{d_1} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = 8$$

۱۶ گزینه ۱

همان‌طور که از نمودار نتیجه می‌شود $A = 2cm$ و زمانی که طول می‌کشد تا انرژی جنبشی از صفر به ماکزیمم برسد برابر با $\frac{T}{4}$ است:

$$\frac{T}{4} = 0/05 \rightarrow T = 0/2s$$

در $x = 0$ انرژی جنبشی و تندی جسم ماکزیمم است.

$$v_m = A\omega = A\frac{2\pi}{T} = 2 \times 10^{-2}\frac{2\pi}{0/2} = \frac{\pi}{5}m/s$$

۱۷ گزینه ۴

پرتو گاما همان ویژگی‌های پرتوی ایکس را دارد ولی از آن پرانرژی‌تر است و می‌تواند در ماده بیشتر نفوذ کند.

۱۸ گزینه ۳

گام اول

الف) انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر در یک لحظهٔ معین به ترتیب برابر $۰/۱۲J$ و $۰/۰۶J$ است $\leftarrow$ $U = ۰/۰۶J \ , \ K = ۰/۱۲J$

ب) جرم نوسانگر $۱۰g \leftarrow m = ۱۰g = ۰/۰۱kg$

ج) دامنهٔ حرکت $۴cm \leftarrow A = ۴cm = ۰/۰۴m$

گام دوم

ابتدا انرژی کل نوسانگر را محاسبه کرده و سپس با استفاده از رابطه‌های $E = \frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲$ و $\omega = \frac{۲\pi}{T}$، دورهٔ حرکت را به دست می‌آوریم:

$$E = K + U = ۰/۱۲ + ۰/۰۶J = ۰/۱۸J$$

$$\begin{cases} E = \frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲ \\ \omega = \frac{۲\pi}{T} \end{cases} \Rightarrow \frac{۱۸}{۱۰۰} = \frac{۱}{۲} \times \frac{۱}{۱۰۰} \times \left(\frac{۴}{۱۰۰}\right)^۲ \times \left(\frac{۲\pi}{T}\right)^۲ \Rightarrow T^۲ = \frac{۱۶\pi^۲}{۹۰۰۰۰} \Rightarrow T = \frac{۴\pi}{۳۰۰} = \frac{\pi}{۷۵}s$$

۱۹ گزینه ۱

گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۷۶ دسی‌بل $\leftarrow$ $\beta = ۷۶dB = ۷/۶\ B$

ب) شدت صوت؟ $\leftarrow$ $I = ?$

گام دوم

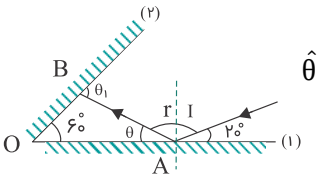
با استفاده از معادلهٔ $\beta = \log\frac{I}{I_۰}$، شدت صوت را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \beta = \log\frac{I}{I_۰} \\ I_۰ = ۱۰^{-۶}\mu W/m^۲ = ۱۰^{-۱۲}W/m^۲ \\ \log ۲ = ۰/۳ \Rightarrow ۱۰^{۰/۳} = ۲ \end{cases} \Rightarrow ۷/۶ = \log\frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^{۷/۶}$$

$$= ۱۰^{-۴/۴} = ۱۰^{-۵} \times ۱۰^{۰/۶} = ۱۰^{-۵} \times (۱۰^{۲\times ۰/۳}) = ۱۰^{-۵} \times (۱۰^{۲\log ۲}) = ۱۰^{-۵} \times (۱۰^{\log ۲^۲}) = ۱۰^{-۵} \times ۲^۲ = ۴ \times ۱۰^{-۵}W/m^۲$$

۲۰ گزینه ۴

در بازتاب از آینه، زاویهٔ تابش و بازتاب و متمم‌ها باهم برابرند:



$\hat{\theta} = ۲۰^\circ$

حال باتوجه‌به زوایای داخلی مثلث $\overset{\Delta}{OBA}$ می‌توانیم زاویهٔ برخورد با سطح آینه ۲ را حساب کنیم:

$$\overset{\Delta}{OBA} \Rightarrow ۶۰ + \hat{\theta} + \left(۱۸۰ - \hat{\theta}_۱\right) = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\theta}_۱ = ۸۰^\circ$$

۲۱ گزینه ۲

گام اول: برای هر دو حالت رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ را به‌صورت نسبتی استفاده می‌کنیم تا m به دست بیاید.

$$\frac{T_۲}{T_۱} = \sqrt{\frac{m_۲}{m_۱} \times \frac{k_۱}{k_۲}}$$
$$\Rightarrow \frac{۰/۰۹\pi}{۰/۱\pi} = \sqrt{\frac{m - ۱۹۰}{m} \times ۱} \Rightarrow \frac{۹}{۱۰} = \sqrt{\frac{m - ۱۹۰}{m}}$$
$$\Rightarrow \frac{۸۱}{۱۰۰} = \frac{m - ۱۹۰}{m} \Rightarrow m = ۱۰۰۰\,g$$

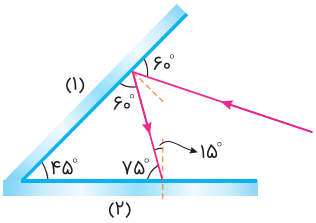
گام دوم: رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ را برای حالت اول می‌نویسیم تا k به دست بیاید.

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow ۰/۱\pi = ۲\pi\sqrt{\frac{۱}{k}} \Rightarrow \sqrt{k} = ۲۰ \Rightarrow k = ۴۰۰\,N/m$$

k را به N/cm تبدیل می‌کنیم:

$$k = ۴۰۰\,N/m \times \frac{۱\,m}{۱۰۰\,cm} = ۴\,N/cm$$

۲۲ گزینه ۱



باتوجه‌به شکل زیر زاویهٔ تابش روی آینهٔ دوم ۱۵° است؛ بنابراین: $i = r = ۱۵^\circ$

۲۳ گزینه ۱

باتوجه‌به این نکته که در لحظهٔ عبور از نقطهٔ تعادل، سرعت بیشینه است و انرژی جنبشی در این نقطه برابر انرژی کل نوسانگر است، داریم:

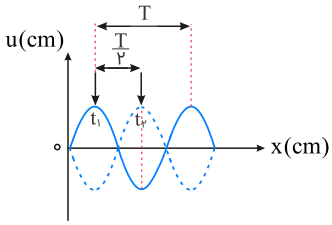
$$\begin{cases} E = K_{max} \\ K_{max} = \frac{۱}{۲}mv_{max}^{۲} \end{cases} \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_{max}^{۲} = E \Rightarrow v_{max} = \left(\frac{۲E}{m}\right)^{\frac{۱}{۲}}$$

۲۴ گزینه ۱

باند AM در گسترهٔ بسامدی ۵۴۰ تا ۱۶۰۰ کیلوهرتز و باند FM در گسترهٔ بسامدی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز است. درنتیجه موج رادیویی AM بسامد کوتاه‌تر و طول موج بلندتری دارد ($\lambda \propto \frac{۱}{f}$).

۲۵ گزینه ۳

مطابق شکل‌های الف و ب، اختلاف‌زمانی بین $t_۲$ و $t_۱$ برابر است با $\frac{T}{۲}$؛ بنابراین با استفاده از رابطهٔ $T = \frac{۱}{f}$، دوره را محاسبه کرده و درنهایت مقدار Δt را به دست می‌آوریم:



$$\begin{cases} T = \frac{۱}{f} \\ f = ۵۰Hz \end{cases} \Rightarrow T = \frac{۱}{۵۰}s$$

$$\Delta t = \frac{T}{۲} = \frac{\frac{۱}{۵۰}}{۲} = ۰/۰۱s = ۱۰^{-۲}s$$

۲۶ گزینه ۴

در موج‌های الکترومغناطیسی، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی هم‌فازند، بنابراین طول موج، فاصلهٔ دو نقطهٔ هم‌فاز متوالی از موج است. پس گزینهٔ "۴" غلط است.

۲۷ گزینه ۴

گام اول

الف) سرعت انتشار موج عرضی در تار $۱۰۰m/s$ ← $v_۱ = ۱۰۰m/s$

ب) نیروی کشش تار را چند درصد افزایش دهیم؟ ← $\frac{\Delta F}{F_۱} \times ۱۰۰ = ?$

ج) تا سرعت انتشار موج در آن به $۱۱۰m/s$ برسد ← $v_۲ = ۱۱۰m/s$

گام دوم

ابتدا با استفاده از رابطهٔ $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$، نسبت $\frac{F_۲}{F_۱}$ را به دست آورده، سپس درصد افزایش نیرو را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\sqrt{\frac{F_۲}{\mu}}}{\sqrt{\frac{F_۱}{\mu}}} \Rightarrow \frac{۱۱۰}{۱۰۰} = \sqrt{\frac{F_۲}{F_۱}} \Rightarrow \frac{F_۲}{F_۱} = ۱/۲۱$$

$$\frac{\Delta F}{F_۱} \times ۱۰۰ = (\frac{F_۲ - F_۱}{F_۱}) \times ۱۰۰ = (\frac{F_۲}{F_۱} - ۱) \times ۱۰۰ = (۱/۲۱ - ۱) \times ۱۰۰ = ۲۱\%$$

۲۸ گزینه ۱

در سونوگرافی از بازتاب امواج فراصوتی و در دستگاه سونار کشتی‌ها از بازتاب امواج صوتی استفاده می‌شود؛ در رادار دوپلری و اجاق خورشیدی از بازتاب امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود.

۲۹ گزینه ۱

سرعت انتشار در خلأ و قانون‌های حاکم بر گسترهٔ امواج الکترومغناطیسی از وجوه مشترک به‌حساب می‌آیند.

۳۰ گزینه ۱

گام اول: ابتدا با استفاده از رابطهٔ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$، بسامد زاویه‌ای نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{۵ \times ۱۰^{۲}}{۱}} = ۱۰\sqrt{۵}\,\mathrm{rad/s}$$

گام دوم: انرژی مکانیکی نوسانگر که همان انرژی جنبشی بیشینهٔ نوسانگر است را از رابطهٔ $E = \frac{۱}{۲}mA^{۲}\omega^{۲}$ به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{۱}{۲}mA^{۲}\omega^{۲} = \frac{۱}{۲} \times ۱ \times (۴ \times ۱۰^{-۲})^{۲} \times (۱۰\sqrt{۵})^{۲} = ۰/۴\mathrm{J}$$

گام سوم: طبق پایستگی انرژی، انرژی جنبشی نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر که $U = ۰/۲\,\mathrm{J}$ است را به دست می‌آوریم:

$$E = U + K \Rightarrow ۰/۴ = ۰/۲ + K \Rightarrow K = ۰/۲\,\mathrm{J}$$

گام چهارم: با استفاده از رابطهٔ $K = \frac{۱}{۲}mv^{۲}$، تندی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{۱}{۲}mv^{۲} \Rightarrow ۰/۲ = \frac{۱}{۲} \times ۱ \times v^{۲} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{۴}{۱۰}} = \frac{۲\sqrt{۱۰}}{۱۰}\,\mathrm{m/s}$$

تست، تندی را برحسب سانتی‌متر بر ثانیه خواسته است که برابر است با:

$$v = \frac{۲\sqrt{۱۰}}{۱۰}\,\mathrm{m/s} \times \frac{۱۰۰\,\mathrm{cm}}{۱\mathrm{m}} = ۲۰\sqrt{۱۰}\,\mathrm{cm/s}$$

۳۱ گزینه ۲

گام اول

الف) طول موج نور نارنجی در هوا $\lambda_{\text{هوا}} = ۶ \times ۱۰^{-۷}\,\mathrm{m} \leftarrow ۶ \times ۱۰^{-۷}\,\mathrm{m}$

ب) بسامد این نور در آب چند هرتز است؟ $\leftarrow ? = f_{\text{آب}}$

ج) ضریب شکست آب $\frac{۴}{۳}$، $v = ۳ \times ۱۰^{۸}\,\mathrm{m/s}$ در هوا $\leftarrow v_{\text{هوا}} = ۳ \times ۱۰^{۸}\,\mathrm{m/s}$، $n_{\text{آب}} = \frac{۴}{۳}$

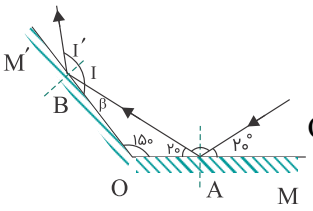
گام دوم

باتوجه‌به اینکه بسامد موج از منبع تولید می‌شود، شرایط محیطی تأثیری در آن ندارد؛ پس $f_{\text{هوا}} = f_{\text{آب}}$. درنتیجه با استفاده از معادلهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$، بسامد نور نارنجی را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow ۶ \times ۱۰^{-۷} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{f} \Rightarrow f = ۵ \times ۱۰^{۱۴}\,\mathrm{Hz}$$

۳۲ گزینه ۴

طبق قوانین بازتابش پرتو از آینهٔ تخت زوایای تابش و بازتاب و همچنین زوایای متمم آن‌ها باهم برابر هستند حال با توجه به زوایای داخلی مثلث $O\overset{\Delta}{A}B$ می‌توانیم زاویهٔ تابش پرتو تابیده‌شده به آینهٔ M' را به دست بیاوریم.



$$O\overset{\Delta}{A}B \Rightarrow \hat{\beta} + ۱۵۰ + ۲۰ = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\beta} = ۱۰$$

بنابراین زاویهٔ تابش برابر است با:

$$\hat{i} = ۹۰ - \hat{\beta} = ۹۰ - ۱۰ = ۸۰^\circ$$

۳۳ گزینه ۳

باتوجه‌به اینکه انرژی مکانیکی نوسانگر معلوم است، از فرمول آن استفاده می‌کنیم.

$$E = \frac{۱}{۲}kA^۲ = \frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲ = \frac{۱}{۲}m(۲\pi f)^۲A^۲$$

$$\Rightarrow E = \frac{۱}{۲}m \times ۴\pi^۲f^۲A^۲$$

$$\Rightarrow ۴۰ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۵ \times ۴ \times ۱۰ \times f^۲(۸ \times ۱۰^{-۲})^۲ \Rightarrow f = ۲۵\,Hz$$

۳۴ گزینه ۱

گام اول

الف) تراز شدت صوت ۱۲ دسی‌بل $\leftarrow$ $\beta = ۱۲dB = ۱/۲B$

ب) شدت صوت؟ $\leftarrow$ $I = ?$

گام دوم

به کمک معادلهٔ $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \dfrac{I}{I_۰} \\ I_۰ = ۱۰^{-۱۲}W/m^۲ \\ \log ۲ = ۰/۳ \Rightarrow ۱۰^{۰/۳} = ۲ \end{cases} \Rightarrow ۱/۲ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow ۱۰^{۱/۲} = \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^{۴ \times ۰/۳}$$

$$\Rightarrow I = ۱۰^{-۱۲} \times (۱۰^{۰/۳})^۴ = (۲)^۴ \times ۱۰^{-۱۲} = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۱}W/m^۲$$

۳۵ گزینه ۱

پرتو نور از محیط ۱ وارد محیط ۲ شده و به خط عمود نزدیک شده است، بنابراین $n_۱ < n_۲$ است، با عبور پرتو از محیط ۲ به محیط ۳، از خط عمود دور شده است، بنابراین $n_۳ < n_۲$ است؛ پس ضریب شکست $n_۲$ از $n_۱$ و $n_۳$ بیشتر است. حال باید ضریب شکست $n_۱$ و $n_۳$ را باهم مقایسه کنیم. می‌توانیم محیط $n_۲$ را در نظر نگیریم و زاویه‌ای که پرتو با خط عمود در محیط $n_۱$ و $n_۳$ ساخته را باهم مقایسه کنیم. در محیط $n_۱$ نسبت به محیط $n_۳$ پرتو از خط عمود دورتر شده است؛ بنابراین $n_۳ > n_۱$ است، پس: $n_۱ < n_۳ < n_۲$

۳۶ گزینه ۲

گام اول

الف) دورهٔ نوسان آونگ ساده‌ای در یک مکان معین، برابر ۲ ثانیه است. $\leftarrow$ $T_1 = 2\,s$

ب) در مدت ۲/۶ دقیقه، N نوسان کامل انجام می‌دهد. $\leftarrow$ $T_1 = \frac{2/6\ min}{N} = \frac{156\,s}{N}$

ج) طول آونگ را چند درصد کاهش یا افزایش دهیم تا در همان مدت و در همان مکان، $N-18$ نوسان کامل انجام دهد؟

$\leftarrow$ $\frac{\Delta L}{L_1} \times 100 = ?\,,\ T_2 = \frac{2/6\ min}{N-18} = \frac{156\,s}{N-18}$

گام دوم

ابتدا N را به دست آورده و سپس طبق رابطهٔ $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$، درصد تغییرات طول آونگ را محاسبه می‌کنیم:

$$T_1 = \frac{156}{N} \Rightarrow 2 = \frac{156}{N} \Rightarrow N = 78 \text{ نوسان کامل}$$

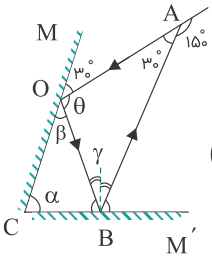
$$T_2 = \frac{156}{N-18} = \frac{156}{78-18} = 2/6\,s$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \Rightarrow \frac{2/6}{2} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 1/3 \times 1/3 \Rightarrow L_2 = 1/69\,L_1$$

بنابراین طول آونگ را باید 69% افزایش دهیم.

۳۷ گزینه ۳

زاویهٔ تابش و بازتاب باهم برابرند. بنابراین متمم‌های آن‌ها نیز باهم برابرند $(\hat{\beta} = 30^\circ)$. با توجه به شکل، $\hat{\theta}$ برابر است با:



$$\hat{\theta} = 180 - 2 \times 30 = 120$$

در مثلث $\overset{\Delta}{OAB}$ داریم:

$$\hat{\theta} + \hat{\gamma} + 30 = 180 \Rightarrow 120 + \hat{\gamma} + 30 = 180 \Rightarrow \hat{\gamma} = 30^\circ$$

زاویهٔ تابش و بازتابش باهم برابرند، پس زاویهٔ $\hat{T}$ برابر می شود با:

$$90 = \frac{\hat{\gamma}}{2} + \hat{T} \Rightarrow \hat{T} = 90 - 15 = 75^\circ$$

به کمک زوایای داخلی مثلث $\overset{\Delta}{OBC}$، $\hat{\alpha}$ محاسبه می گردد:

$$\hat{\beta} + \hat{T} + \hat{\alpha} = 180 \Rightarrow 30 + 75 + \hat{\alpha} = 180 \Rightarrow \hat{\alpha} = 75^\circ$$

۳۸ گزینه ۴

طول موج یک متر تا یک کیلومتر مربوط به موج‌های رادیویی است.

۳۹ گزینه ۱

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{\ell'}{\ell}} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \sqrt{\frac{\ell'}{\ell}} \Rightarrow \frac{\ell'}{\ell} = \frac{۱}{۴}$$

$$\Rightarrow \ell' = \frac{۱}{۴}\ell$$

بنابراین طول آونگ باید به‌اندازهٔ $\frac{۳}{۴}$ طول اولیه کاهش یابد.

$$\Delta\ell = \ell' - \ell = -\frac{۳}{۴}\ell = -\frac{۳}{۴} \times ۸۰ = -۶۰\,cm$$

۴۰ گزینه ۴

طول موج B دو برابر طول موج A است.

باتوجه‌به اینکه دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند، سرعت انتشارشان مساوی است.

$$\lambda_B = ۲\lambda_A \xrightarrow{\lambda = vT\ ,\ v_A = v_B} T_B = ۲T_A \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{۱}{۲}$$

۴۱ گزینه ۲

گام اول

الف) وزنهٔ ۴۰۰ گرمی ← $m_۱ = ۴۰۰g = ۰/۴kg$

ب) وزنهٔ چند گرمی به وزنهٔ قبل اضافه کنیم؟ ← $m_۲ = ۰/۴ + m \ ,\ m = ?(g)$

ج) تا دورهٔ نوسانات ۱/۵ برابر شود ← $\frac{T_۲}{T_۱} = \frac{۳}{۲}$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$، نسبت $\frac{T_۲}{T_۱}$ را نوشته و جرم m را حساب می‌کنیم:

$$\frac{T_۲}{T_۱} = \frac{۲\pi\sqrt{\frac{m_۲}{k}}}{۲\pi\sqrt{\frac{m_۱}{k}}} \Rightarrow \frac{۳}{۲} = \sqrt{\frac{m_۲}{m_۱}} \Rightarrow \frac{m_۲}{m_۱} = \frac{۹}{۴}$$

$$\frac{m_۲}{m_۱} = \frac{۹}{۴} \Rightarrow \frac{۹}{۴} = \frac{۰/۴ + m}{۰/۴} \Rightarrow m + ۰/۴ = ۰/۹ \Rightarrow m = ۰/۵kg \Rightarrow m = ۵۰۰g$$

۴۲ گزینه ۲

گام اول

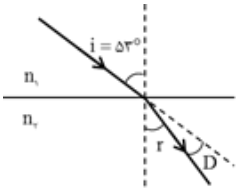
الف) پرتو نور با زاویهٔ تابش ۵۳° ← $i = ۵۳^\circ$

ب) ۱۶ درجه منحرف می‌شود ← $D = ۱۶^\circ$

ج) سرعت نور در این محیط چند متر بر ثانیه است؟ ← $v = ?\,m/s$

گام دوم

با به دست آوردن ضریب شکست محیط می‌توان سرعت نور را در آن محیط محاسبه کرد. برای به دست آوردن ضریب شکست محیط از قضیه اسنل استفاده می‌کنیم:



$$\hat{i} = \hat{D} + \hat{r} \Rightarrow \hat{r} = \hat{i} - \hat{D} \Rightarrow \hat{r} = ۵۳ - ۱۶ = ۳۷^\circ$$

$$\begin{cases} n_۱ \sin\hat{i} = n_۲ \sin\hat{r} \\ n_۱ = ۱ \end{cases} \Rightarrow n_۱ \sin\hat{i} = n_۲ \sin\hat{r} \Rightarrow ۱ \times \sin ۵۳^\circ = n_۲ \sin ۳۷^\circ \Rightarrow n_۲ = \frac{۴}{۳}$$

$$\begin{cases} v = \dfrac{c}{n_۲} \\ c = ۳ \times ۱۰^۸\,m/s \end{cases} \Rightarrow v = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{\frac{۴}{۳}} = ۲/۲۵ \times ۱۰^۸\,m/s$$

۴۳ گزینه ۱

گام اول

الف) موج رادیویی با بسامد ۳۰۰ مگاهرتز ← $f = ۳۰۰\,MHz = ۳ \times ۱۰^۸\,Hz$

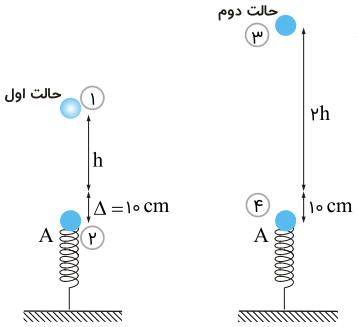
ب) طول موج آن چند متر است؟ ← $\lambda = ?$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه امواج رادیویی از نوع امواج الکترومغناطیسی هستند، طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{c}{f}$ داریم:

$$\begin{cases} \lambda = \dfrac{c}{f} \\ c = ۳ \times ۱۰^۸\,m/s \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۳ \times ۱۰^۸} = ۱\,m$$

۴۴ گزینه ۲



ابتدا باید ارتفاع h را محاسبه کنیم. برای این منظور کافی است از قانون پایستگی انرژی استفاده کنیم: (مبدأ پتانسیل، نقطهٔ A فرض شود)

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow U_{g۱} + \cancel{K_۱}^{\circ} = \cancel{U_{g۲}}^{\circ} + \cancel{K_۲}^{\circ} + U_{e۲}$$

$$\Rightarrow mg\,(h + ۰/۱) = \frac{۱}{۲}k\Delta l^۲$$

$$\xrightarrow[K=۴۴۰\,N/m]{m=۰/۲\,kg} ۰/۲ \times ۱۰\,(h + ۰/۱) = \frac{۱}{۲} \times ۴۴۰ \times (۰/۱)^۲$$

$$\Rightarrow ۲h + ۰/۲ = ۲/۲$$

$$\Rightarrow ۲h = ۲ \Rightarrow h = ۱\,m$$

در حالت دوم داریم:

$$E_۳ = E_۴ \Rightarrow U_{g۳} + \cancel{K_۳}^{\circ} = \cancel{U_{g۴}}^{\circ} + K_۴ + U_{e۴}$$

$$\Rightarrow mg\,(۲h + ۰/۱) = \frac{۱}{۲}mv_۴^۲ + \frac{۱}{۲}k\Delta l^۲$$

$$\Rightarrow ۰/۲ \times ۱۰\,(۲ \times ۱ + ۰/۱) = \frac{۱}{۲} \times ۰/۲ \times v_۴^۲ + ۲/۲$$

$$\Rightarrow v_۴^۲ = ۲۰ \Rightarrow v_۴ = ۲\sqrt{۵}\,m/s$$

۴۵ گزینه ۲

گام اول

الف) در لحظه‌ای که نوسانگر در بیشترین فاصله از مرکز نوسان قرار دارد ← $x = A \Rightarrow E = U_{max}$

ب) $\frac{۳}{۴}$ جرم وزنه، کنده و جدا می‌شود ← $m_۲ = \frac{۱}{۴}m_۱$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه در انتهای مسیر $E = U_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲$ است (مستقل از جرم)، کاهش یا افزایش جرم در انرژی مکانیکی تأثیری ندارد $(E_۱ = E_۲)$.

$$E_۱ = E_۲ \Rightarrow \frac{۱}{۲}kA_۱^۲ = \frac{۱}{۲}kA_۲^۲ \Rightarrow \frac{A_۲}{A_۱} = ۱$$

اما با کاهش جرم، بسامد به‌صورت زیر تغییر می‌کند:

$$f = \frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{f_۲}{f_۱} = \frac{\frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m_۲}}}{\frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m_۱}}} = \frac{\sqrt{m_۱}}{\sqrt{\frac{۱}{۴}m_۱}} = ۲$$

۴۶ گزینه ۱

گام اول

الف) موجی با بسامد ۱۰۰ مگاهرتز ← $f = ۱۰۰\,MHz = ۱۰^{۸}\,Hz$

ب) چند ثانیه طول می‌کشد تا این موج فاصلهٔ $۳۰۰\,km$ را طی کند؟ ← $\Delta x = ۳۰۰\,km = ۳ \times ۱۰^{۵} m, \Delta t = ?$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه امواج رادیویی، از نوع امواج الکترومغناطیسی هستند پس سرعت آن‌ها با سرعت نور برابر است $(v = c)$. درنهایت با استفاده از معادلهٔ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$، مدت زمانی که موج این مسافت را طی می‌کند، به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} \\ v = c = ۳ \times ۱۰^{۸}\,m/s \end{cases} \Rightarrow ۳ \times ۱۰^{۸} = \frac{۳ \times ۱۰^{۵}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = ۱۰^{-۳}\,s$$

۴۷ گزینه ۴

گام اول

الف) شدت صوتی $۳/۲ \times ۱۰^{-۲} W/m^{۲}$ ← $I = ۳/۲ \times ۱۰^{-۳} W/m^{۲}$

ب) تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟ ← $\beta = ?\ (dB)$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_{۰}}$، تراز شدت صوت را برحسب دسی‌بل به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \beta = ۱۰ \log \dfrac{I}{I_{۰}} \\ I_{۰} = ۱۰^{-۱۲} W/m^{۲} \\ \log ۲ = ۰/۳ \end{cases} \Rightarrow \beta = ۱۰ \log \frac{۳۲ \times ۱۰^{-۴}}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۰(\log ۱۰^{۸} + \log ۲^{۵}) = ۱۰(۸ + ۵ \log ۲) = ۱۰\,(۸ + ۵ \times ۰/۳) = ۹۵\ dB$$

۴۸ گزینه ۲

گام اول

الف) در مدت ۰/۴ ثانیه به یک دیوار برخورد کرده و به محل چشمه برمی‌گردد ← $t = ۰/۲s$: زمان رسیدن موج به دیوار

ب) اگر بسامد چشمهٔ صوت ۴۰ کیلوهرتز و طول موج ۸/۷۵ میلی‌متر باشد ← $\lambda = ۸/۷۵mm = ۸/۷۵ \times ۱۰^{-۳} m, f = ۴۰kHz = ۴ \times ۱۰^{۴} Hz$

ج) فاصلهٔ چشمهٔ صوت تا دیوار چند متر است؟ ← $\Delta x = ?$

گام دوم

ابتدا به کمک رابطهٔ $v = \lambda f$، سرعت صوت را به دست آورده و سپس در رابطهٔ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ جایگذاری می‌کنیم تا فاصلهٔ موردنظر را بیابیم:

$$v = \lambda f = ۸/۷۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۴ \times ۱۰^{۴} = ۳۵۰\,m/s$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow ۳۵۰ = \frac{\Delta x}{۰/۲} \Rightarrow \Delta x = ۷۰m$$

۴۹ گزینه ۳

گام اول

الف) شنونده‌ای که مساحت پردهٔ گوشش ۶۰ میلی‌مترمربع است ← $A = ۶۰\,mm^۲ = ۶ \times ۱۰^{-۵}\,m^۲$

ب) تراز شدت صوت حاصل از یک منبع را ۵۰ دسی‌بل احساس می‌کند ← $\beta = ۵۰\,dB$

ج) انرژی که در مدت ۵۰ ثانیه به پردهٔ گوش این شنونده می‌رسد، چند میکروژول است؟ ← $t = ۵۰\,s, E = ?\,\mu J$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$، شدت صوت را محاسبه کرده و سپس به کمک رابطهٔ $E = IAt$، انرژی را به دست می‌آوریم:

$$\beta = \log \frac{I}{I_۰} \xrightarrow{I_۰ = ۱۰^{-۶}\,\mu w/m^۲} ۵ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow ۱۰^۵ = \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۷}\,W/m^۲$$

$$E = IAt = ۱۰^{-۷} \times ۶ \times ۱۰^{-۵} \times ۵۰ = ۳ \times ۱۰^{-۱۰}\,J = ۳ \times ۱۰^{-۴}\,\mu J$$

۵۰ گزینه ۱

گام اول

الف) اختلاف تراز شدت دو صوت برابر با ۳ دسی‌بل است ← $\beta_۲ - \beta_۱ = ۳\,dB$

ب) شدت صوت قوی‌تر چندبرابر شدت صوت ضعیف‌تر است؟ ← $\frac{I_۲}{I_۱} = ?$

گام دوم

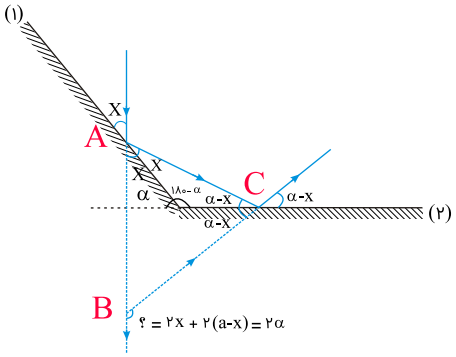
با استفاده از رابطهٔ $\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱}$ (برحسب دسی‌بل) داریم:

$$\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow ۳ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow \log \frac{I_۲}{I_۱} = ۰/۳ \xrightarrow{\log ۲ = ۰/۳} \frac{I_۲}{I_۱} = ۲$$

۵۱ گزینه ۲

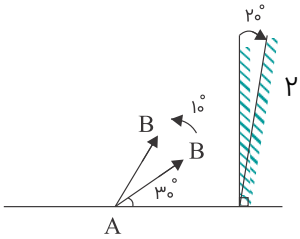
ابتدا مطابق شکل زیر امتداد پرتوها و زوایایی که با آینه‌ها می‌سازند رسم می‌کنیم. مطابق شکل زاویه‌ای که امتداد پرتوی تابش به آینهٔ (۱)، با امتداد پرتوی بازتابش از آینهٔ (۲)، می‌سازد درواقع زاویهٔ خارجی است برای مثلث ABC، که برابر است با مجموع دو زاویهٔ داخلی غیر مجاور؛ پس:

$$? = x + ۲(\alpha - x) = ۲\alpha$$

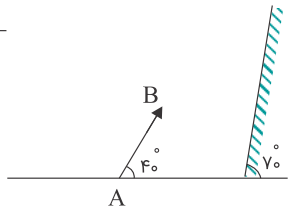


۵۲ گزینه ۳

عملاً ما ۳۰° تغییرات زاویه‌ای بین جسم و آینه داشتیم؛ یعنی $\theta = ۳۰^\circ$.



از طرفی تغییرات زاویهٔ بین جسم و تصویرش در آینه برابر ۲θ است؛ یعنی زاویهٔ بین جسم و تصویر $۲ \times ۳۰^\circ = ۶۰^\circ$ تغییر کرده است.



۵۳ گزینه ۱

$$f = \frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{۱}{۲ \times ۳}\sqrt{\frac{۳۶۰}{۰/۴}} = ۵\,Hz$$

توجه: تعداد نوسان‌ها در یک ثانیه همان بسامد نوسان است.

۵۴ گزینه ۳

گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۱۵ دسی‌بل است ← $\beta = ۱۵dB$

ب) شدت این صوت، چندبرابر شدت صوت مبنا است؟ ← $\frac{I}{I_۰} = ?$

گام دوم

باتوجه‌به رابطهٔ $\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_۰}$ نسبت $\frac{I}{I_۰}$ را محاسبه می‌کنیم.

$$\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_۰} \Rightarrow ۱۵ = ۱۰\log\frac{I}{I_۰} \Rightarrow \log\frac{I}{I_۰} = ۱/۵$$

$$\xrightarrow{\log ۲ = ۰/۳} \log\frac{I}{I_۰} = ۵ \times ۰/۳ = ۵ \times \log ۲$$

$$\Rightarrow \log\frac{I}{I_۰} = \log ۲^۵ \Rightarrow \frac{I}{I_۰} = ۳۲$$

۵۵ گزینه ۱

گام اول

الف) اگر بسامد موج A، چهار برابر بسامد موج B باشد $\leftarrow$ $f_A = ۴f_B$

ب) طول موج و سرعت انتشار موج A چند برابر طول موج و سرعت انتشار موج B است؟ $\leftarrow$ $\frac{v_A}{v_B} = ?$, $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = ?$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه هر دو موج در یک محیط کشسان منتشر می‌شوند، سرعت انتشارشان باهم برابر است؛ یعنی: $\frac{v_A}{v_B} = ۱$

برای به دست آوردن نسبت طول موج‌ها، کافی است از رابطهٔ $\lambda = \frac{V}{f}$ استفاده کنیم:

$$\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{\frac{v_A}{f_A}}{\frac{v_B}{f_B}} = \frac{f_B}{۴f_B} = \frac{۱}{۴}$$

بنابراین گزینهٔ ۱ صحیح است.

۵۶ گزینه ۳

گام اول

الف) اگر شدت صوت $۲\sqrt{۱۰}$ برابر شود $\leftarrow$ $\frac{I_۲}{I_۱} = ۲\sqrt{۱۰}$

ب) تراز شدت صوت چگونه تغییر می‌کند؟ $\leftarrow$ $\Delta\beta = ?$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\Delta\beta = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱}$ (برحسب دسی‌بل)، تغییرات تراز شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \Delta\beta = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} \\ \log ۲ = ۰/۳ \end{cases} \Rightarrow \Delta\beta = ۱۰\log ۲\sqrt{۱۰}$$

$$= ۱۰(\log ۲ + \log ۱۰^{\frac{۱}{۲}}) = ۱۰(۰/۳ + ۰/۵) = ۸\text{dB}$$

درنتیجه تراز شدت صوت ۸ دسی‌بل افزایش می‌یابد.

۵۷ گزینه ۲

بسامد نور ثابت است و با تغییر محیط انتشار نور، تغییر نمی‌کند.

در هوا : $\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow ۰/۶ \times ۱۰^{-۶} = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{f} \Rightarrow f = ۵ \times ۱۰^{۱۴}\ \text{Hz}$

در زجاجیه چشم : $\lambda' = \frac{v}{f} \Rightarrow ۰/۴۵ \times ۱۰^{-۶} = \frac{v}{۵ \times ۱۰^{۱۴}} \Rightarrow v = ۲/۲۵ \times ۱۰^۸\ \text{m/s}$

۵۸ گزینه ۱

ابتدا باید زمان طی‌شده توسط پرتو را یک‌بار از A تا I و بار دیگر از I تا B به دست بیاوریم:

قسمت AI :

$$v_۱ = \frac{AI}{t_{AI}} \Rightarrow t_{AI} = \frac{L}{v_۱}$$

قسمت IB : در اینجا ابتدا باید سرعت در این محیط $(v_۲)$ را برحسب $v_۱$ به دست بیاوریم:

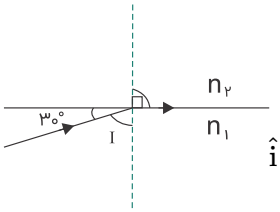
$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{n_۱}{n_۲} \Rightarrow v_۲ = \frac{n_۱}{n_۲} v_۱$$

$$v_۲ = \frac{IB}{t_{IB}} \Rightarrow t_{IB} = \frac{IB}{v_۲} \Rightarrow t_{IB} = \frac{L\, n_۲}{n_۱ v_۱}$$

بنابراین زمان رسیدن نور از A تا B برابر است با:

$$t_{AB} = t_{AI} + t_{IB} \Rightarrow t_{AB} = \frac{L}{v_۱} + \frac{L\, n_۲}{n_۱ v_۱} = \frac{L}{v_۱}\left(۱ + \frac{n_۲}{n_۱}\right)$$

۵۹ گزینه ۳



زاویهٔ بازتاب برابر با ۹۰° است.

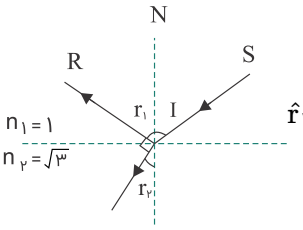
با توجه به شکل زاویهٔ تابش را محاسبه می‌کنیم و برای محاسبهٔ ضریب شکست $n_۲$ از قضیهٔ اسنل استفاده می‌کنیم:

$$\hat{i} = ۹۰ - ۳۰ = ۶۰^\circ$$

$$\begin{cases} n_۱ \sin \hat{i} = n_۲ \sin \hat{r} \\ n_۱ = \sqrt{۳} \\ \hat{i} = ۶۰^\circ, \ \ \hat{r} = ۹۰^\circ \end{cases} \Rightarrow \sqrt{۳} \sin ۶۰^\circ = n_۲ \sin ۹۰^\circ \Rightarrow n_۲ = \frac{۳}{۲}$$

۶۰ گزینه ۴

طبق قانون بازتاب، $\hat{r}_۱ = \hat{i}$ است. با توجه به زوایای تشکیل‌دهنده یک نیم‌صفحه، $\hat{r}_۲$ را برحسب $\hat{i}$ محاسبه می‌کنیم:



$$\hat{r}_۱ + \hat{r}_۲ + ۹۰ = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{r}_۲ = ۹۰ - \hat{i}$$

از قضیهٔ اسنل استفاده می‌کنیم تا زاویه $\hat{i}$ به دست آید:

$$\begin{cases} n_۱ \sin \hat{i} = n_۲ \sin \hat{r}_۲ \\ n_۱ = ۱, \ n_۲ = \sqrt{۳} \end{cases} \Rightarrow \sin \hat{i} = \sqrt{۳} \sin\left(۹۰ - \hat{i}\right) \Rightarrow \sin \hat{i} = \sqrt{۳} \cos \hat{i} \Rightarrow \tan \hat{i} = \sqrt{۳} \Rightarrow \hat{i} = ۶۰^\circ$$

۶۱ گزینه ۲

باتوجه‌به رابطهٔ تراز شدت صوت داریم:

$$B = ۱۰\log\frac{I}{I_۰} \Rightarrow ۸۰ = ۱۰\log\frac{I}{I_۰}$$
$$\Rightarrow ۸ = \log\frac{I}{I_۰} \Rightarrow ۸ = \log\frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow ۱۰^{۸} = \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۴}\ W/m^{۲}$$

اکنون توان صوت را که در فاصلهٔ ۲۰ متری به شنونده می‌رسد محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = IA = ۱۰^{-۴} \times ۴\pi r^{۲}$$
$$P = ۱۰^{-۴} \times ۴ \times ۳ \times (۲۰)^{۲} = ۴۰۰ \times ۱۲ \times ۱۰^{-۴} = ۴۸۰۰ \times ۱۰^{-۴} = ۴۸۰ \times ۱۰^{-۳}\ W = ۴۸۰\,mW$$

پس توان به‌اندازهٔ ($۵۰۰ - ۴۸۰ = ۲۰\,mW$) کاهش یافته است. درصد کاهش توان را به دست می‌آوریم:

$$\text{درصد تغییرات توان چشمهٔ صوت} = \frac{P - P_۰}{P_۰} \times ۱۰۰ = \frac{۴۸۰ - ۵۰۰}{۵۰۰} \times ۱۰۰ = -۴\% \Rightarrow \text{توان } ۴\% \text{ کاهش یافته است}$$

۶۲

گزینه ۳

گام اول

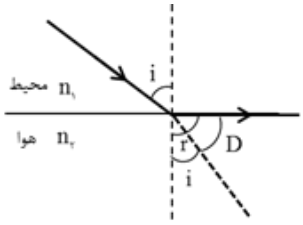
الف) سرعت نور در یک محیط شفاف نصف سرعت آن در هوا است ← $\frac{v_۱}{v_۲} = \frac{۱}{۲}$

ب) پرتو نوری با زاویهٔ تابش ۳۰ درجه ← $i = ۳۰^\circ$

ج) این پرتو چند درجه از راستای اولیه منحرف می‌شود؟ ← $D = ?$

گام دوم

ابتدا باید ضریب شکست محیط را به دست بیاوریم:



$$\begin{cases} v_۱ n_۱ = v_۲ n_۲ \\ n_۲ = ۱ \\ v_۱ = \frac{۱}{۲} v_۲ \end{cases} \Rightarrow \frac{۱}{۲} \times v_۲ \times n_۱ = v_۲ \times n_۲ \Rightarrow n_۱ = ۲$$

به کمک قانون اسنل، زاویهٔ شکست را محاسبه می کنیم:

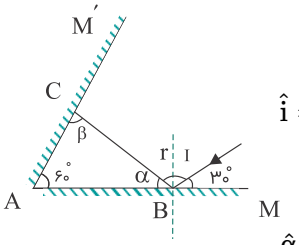
$$\begin{cases} n_۱ \sin i = n_۲ \sin r \\ n_۲ = ۲ \\ i = ۳۰^\circ \end{cases} \Rightarrow ۲ \times \frac{۱}{۲} = ۱ \times \sin r \Rightarrow \sin r = ۱ \Rightarrow r = ۹۰^\circ$$

بنابراین زاویهٔ انحراف برابر است با:

$$D = r - i = ۹۰ - ۳۰ = ۶۰^\circ$$

۶۳ گزینه ۱

ابتدا با استفاده از قوانین بازتاب، زاویهٔ $\hat{\alpha}$ را محاسبه می‌کنیم. پرتو تابش با زاویهٔ ۳۰° درجه نسبت به سطح آینه تابیده شده است، بنابراین:



$$\hat{i} = ۹۰ - ۳۰ = ۶۰^\circ \Rightarrow \hat{i} = \hat{r} = ۶۰^\circ$$

حال $\hat{\alpha}$ به‌راحتی به دست می‌آید:

$$\hat{\alpha} + \hat{r} + \hat{i} + ۳۰^\circ = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \hat{\alpha} = ۳۰^\circ$$

با توجه به زوایای داخلی مثلث $\overset{\Delta}{ABC}$ می‌توانیم زاویهٔ تابش پرتو به آینهٔ M' را محاسبه کنیم:

$$\overset{\Delta}{ABC} \Rightarrow \hat{\alpha} + \hat{\beta} + ۶۰ = ۱۸۰ \Rightarrow ۳۰ + \hat{\beta} + ۶۰ = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\beta} = ۹۰^\circ$$

$$\hat{i}' = \hat{\beta} - ۹۰ \Rightarrow \hat{i}' = ۰^\circ$$

۶۴ گزینه ۴

$$A = \frac{۸}{۲} = ۴\ cm$$

بیشترین جابه‌جایی نوسانگر وقتی است که در اطراف نقطهٔ تعادل جابه‌جا شود و تغییر جهت ندهد. پس در $\frac{۱}{۴}$ دوره، مطابق شکل زیر متحرک $\frac{T}{۸}$ را قبل از نقطهٔ تعادل و $\frac{T}{۸}$ را بعد از نقطهٔ تعادل سپری می‌کند:

باتوجه‌به معادلهٔ نوسانگر:

$$x = A\cos(\omega t) = A\cos(\frac{۲\pi}{T}t)$$

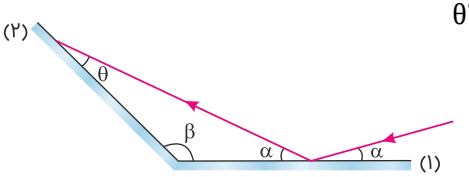
پس جابه‌جایی در $\frac{T}{۸}$ برابر است با:

$$x = A\cos(\frac{۲\pi}{T} \times \frac{T}{۸}) = A\cos(\frac{\pi}{۴}) = \frac{\sqrt{۲}}{۲}A$$

$$x_۱ = x_۲ = x = \frac{\sqrt{۲}}{۲}A = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \times ۴ = ۲\sqrt{۲}\ cm$$

$$\Delta x = ۲\sqrt{۲} + ۲\sqrt{۲} = ۴\sqrt{۲}\ cm$$

۶۵ گزینه ۴



$$\theta^\circ = ۱۸۰ - (\beta + \alpha)$$

۶۶ گزینه ۴

گام اول

الف) در فاصلهٔ ۱۰ متری از یک منبع صوت ← $r_۱ = ۱۰\,m$

ب) تراز شدت صوت ۲۰ دسی‌بل بیشتر از تراز شدت صوت آستانهٔ دردناکی است← $\beta_۱ = \beta_۰ + ۲ \Rightarrow \beta_۱ - \beta_۰ = ۲ \Rightarrow \log \frac{I_۱}{I_۰} = ۲$

ج) در فاصلهٔ چندمتری از این منبع صوت تراز شدت صوت ۲۰ دسی‌بل کمتر از تراز شدت صوت آستانهٔ دردناکی است ← $\beta_۲ = \beta_۰ - ۲ \Rightarrow \beta_۲ - \beta_۰ = -۲ \Rightarrow \log \frac{I_۲}{I_۰} = -۲\,,\ r_۲ = ?$

گام دوم

با استفاده از داده‌های صورت سؤال داریم:

$$\begin{cases} \log \dfrac{I_۱}{I_۰} = ۲ \\ \log \dfrac{I_۲}{I_۰} = -۲ \end{cases} \Rightarrow \log \frac{I_۱}{I_۰} - \log \frac{I_۲}{I_۰} = ۴$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_۱}{I_۲} = ۴ \Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲} = ۱۰^۴ \xrightarrow{\frac{I_۱}{I_۲} = (\frac{r_۲}{r_۱})^۲} (\frac{r_۲}{r_۱})^۲ = ۱۰^۴$$

$$\Rightarrow \frac{r_۲}{۱۰} = ۱۰۰ \Rightarrow r_۲ = ۱۰۰۰\,m$$

۶۷ گزینه ۲

از معادلهٔ پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$E = K + U = K_{max} \Rightarrow K + ۰/۴ = ۰/۸ \Rightarrow K = ۰/۴\,mJ$$

حالا از رابطهٔ انرژی جنبشی تندی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow \frac{۴}{۱۰} \times ۱۰^{-۳} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^{-۱} \times v^۲$$

$$\Rightarrow v^۲ = ۸۰ \times ۱۰^{-۴}\,m^۲/s^۲ \Rightarrow v = ۴\sqrt{۵} \times ۱۰^{-۲}\,m/s = ۴\sqrt{۵}\,cm/s$$

۶۸ گزینه ۲

$$A = ۲\,cm = ۰/۰۲\,m$$

$$f = \frac{۱۵۰}{۶۰} = ۲/۵\,Hz \Rightarrow \omega = ۲\pi f = ۵\pi\,\frac{rad}{s}$$

$$v = ۵\sqrt{۲}\pi\,cm/s = ۵\sqrt{۲}\pi \times ۱۰^{-۲}\,m/s$$

$$v_m = A\omega = ۲ \times ۱۰^{-۲} \times ۵\pi = \frac{\pi}{۱۰}\,m/s$$

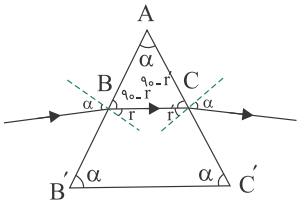
$$U = E - K = \frac{۱}{۲}mv_m^۲ - \frac{۱}{۲}mv^۲ = \frac{۱}{۲}m(v_m^۲ - v^۲)$$

$$U = \frac{۱}{۲} \times \frac{۲}{۱۰}(\frac{\pi^۲}{۱۰۰} - ۲۵ \times ۲\pi^۲ \times ۱۰^{-۴}) \times ۱۰^۳ \Rightarrow U = ۵\,mJ$$

تبدیل J به mJ ← $\times ۱۰^۳$

۶۹ گزینه ۲

ابتدا باید زوایای $\hat{r}$ و $\hat{r'}$ را برحسب $\hat{\alpha}$ به دست بیاوریم. با نوشتن قضیهٔ اسنل در نقاط B و C داریم:



$$\begin{cases} n_۱ \sin\hat{\alpha} = n_۲ \sin\hat{r} \\ n_۱ \sin\hat{\alpha} = n_۲ \sin\hat{r'} \end{cases} \Rightarrow \sin\hat{r} = \sin\hat{r'} \Rightarrow \hat{r} = \hat{r'}$$

در مثلث $\overset{\Delta}{ABC}$ $(\hat{\alpha} = ۶۰^\circ)$ داریم:

$$\overset{\Delta}{ABC} \Rightarrow \hat{\alpha} + (۹۰ - \hat{r}) + \left(۹۰ - \hat{r'}\right) = ۱۸۰$$

$$\Rightarrow \hat{\alpha} = \hat{r} + \hat{r'} \Rightarrow \hat{\alpha} = ۲\hat{r} \Rightarrow \hat{r} = ۳۰^\circ$$

حال می‌توانیم $n_۲$ را با کمک قضیهٔ اسنل (در نقطهٔ B) به‌دست بیاوریم:

$$\begin{cases} \dfrac{\sin\hat{\alpha}}{\sin\hat{r}} = \dfrac{n_۲}{n_۱} \\ n_۱ = ۱ \end{cases} \Rightarrow \frac{\sin ۶۰}{\sin ۳۰} = \frac{n_۲}{۱} \Rightarrow n_۲ = \sqrt{۳}$$

۷۰

گزینه ۳

گام اول

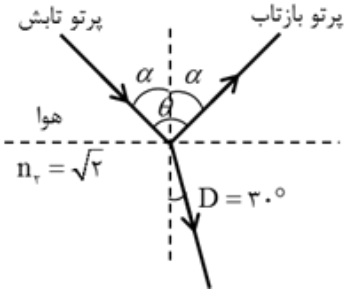
الف) ضریب شکست یک محیط شفاف نسبت به هوا $\sqrt{۲}$ است ← $n_{\text{محیط}} = \sqrt{۲}$

ب) اگر زاویهٔ شکست ۳۰ درجه باشد ← $\hat{D} = ۳۰^\circ$

ج) زاویهٔ بین پرتو تابش و پرتو بازتابش چند درجه است ← $\theta = ?$

گام دوم

از قانون اسنل استفاده می‌کنیم و زاویهٔ $\hat{\alpha}$ را به دست می‌آوریم:



$$\begin{cases} n_۱ \sin \hat{i} = n_۲ \sin \hat{D} \\ n_۱ = ۱ \\ \hat{i} = \hat{\alpha} \end{cases} \Rightarrow ۱ \sin \hat{\alpha} = \sqrt{۲} \sin ۳۰^\circ \Rightarrow \hat{\alpha} = ۴۵^\circ$$

ازآنجاکه زاویهٔ تابش و زاویهٔ بازتاب باهم برابرند، زاویهٔ بین پرتو تابش و پرتو بازتاب برابر است با:

$$\text{زاویهٔ بین پرتو تابش و بازتاب} = ۲\alpha = ۹۰^\circ$$

۷۱

گزینه ۱

گام اول

الف) سیمی با چگالی $۸g/cm^۳$ ← $\rho = ۸g/cm^۳ = ۸۰۰۰kg/m^۳$

ب) سطح مقطع یک میلی‌مترمربع ← $A = ۱mm^۲ = ۱۰^{-۶}m^۲$

ج) با نیروی ۸۰ نیوتن کشیده شده ← $F = ۸۰N$

د) سرعت انتشار موج عرضی در سیم چند متر بر ثانیه است؟ ← $v = ?$

گام دوم

به کمک معادله‌های $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F.l}{m}}$، $\rho = \frac{m}{V_{\text{حجم}}}$ و $V_{\text{حجم}} = A.l$، سرعت انتشار موج عرضی در سیم را محاسبه می‌کنیم:

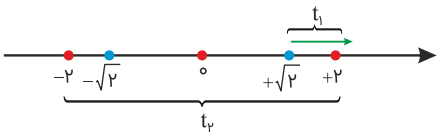
$$\begin{cases} \rho = \frac{m}{V_{\text{حجم}}} \Rightarrow m = \rho.V_{\text{حجم}} \\ V_{\text{حجم}} = A.l \end{cases} \Rightarrow m = \rho.A.l$$

$$v = \sqrt{\frac{F.l}{m}} = \sqrt{\frac{F.l}{\rho.A.l}} = \sqrt{\frac{F}{\rho.A}}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho.A}} = \sqrt{\frac{۸۰}{۸۰۰۰ \times ۱۰^{-۶}}} = ۱۰۰m/s$$

۷۲ گزینه ۴

زمانی که طول می‌کشد تا نوسانگر از $+\sqrt{۲}A$ به A برسد برابر با $\frac{T}{۸}$ است.



و زمانی که طول می‌کشد تا برای اولین بار از $+A$ به $-\sqrt{۲}A$ برسد، $\frac{۳T}{۸}s$ است؛ پس کل زمان حرکت $\frac{T}{۸}+\frac{۳T}{۸}=\frac{T}{۲}s$ است.

$$f=\frac{۱}{۴}Hz \Rightarrow T=۴s \Rightarrow \Delta t=\frac{T}{۲}=۲s$$

کل جابه‌جایی نوسانگر:

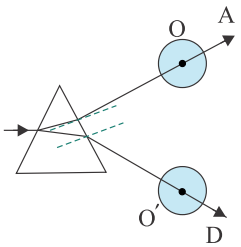
$$\Delta x=-\sqrt{۲}-\sqrt{۲}=-۲\sqrt{۲}\,cm$$

حالا سرعت متوسط را محاسبه می‌کنیم:

$$v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow V_{av}=\frac{-۲\sqrt{۲}}{۲}=-\sqrt{۲}\,m/s \Rightarrow |v_{av}|=\sqrt{۲}m/s$$

۷۳ گزینه ۴

وقتی پرتو نور از محیط اول به‌صورت عمود بر سطح محیط دوم تابیده می‌شود، بدون شکست از آن عبور می‌کند. پس چون امتداد پرتو از مرکز کره عبور می‌کند، پرتو نور به صورت عمود بر کره تابیده شده است و لذا بدون شکست از آن عبور می‌کند؛ بنابراین پرتوهای C و B نمی‌توانند مسیر عبوری نور باشند. ازطرفی پرتو نور با عبور از محیط رقیق به غلیظ به خط عمود نزدیک می‌شود؛ پس باتوجه‌به شکل، در بخش اول که پرتو نور وارد منشور می‌شود مسیر پرتو D صحیح است.



۷۴ گزینه ۱

ضریب شکست منشور برای نورهایی با رنگ های مختلف، متفاوت است و با انحراف از محیط رقیق به غلیظ (مثلاً هوا به شیشه) رابطهٔ مستقیم دارد. ضریب شکست نورها به ترتیب از قرمز، نارنجی، زرد، سبز، نیلی و بنفش افزایش می‌یابد؛ بنابراین پرتو قرمز کمتر از بقیهٔ پرتوها منحرف می‌شود و پرتو بنفش بیشترین انحراف را دارد.

۷۵ گزینه ۴

گام اول

الف) اگر دامنهٔ چشمه صوتی را چهار برابر کنیم $\leftarrow$ $\frac{A_۲}{A_۱} = ۴$

ب) تراز شدت صوت ۱/۳ برابر می‌شود $\leftarrow$ $\frac{\beta_۲}{\beta_۱} = ۱/۳$

ج) تراز شدت صوت برای آن شنونده به چند دسی‌بل می‌رسد؟ $\leftarrow$ $\beta_۲ = ?$

گام دوم

با استفاده از روابط زیر، تراز شدت صوت ثانویه را محاسبه می‌کنیم:

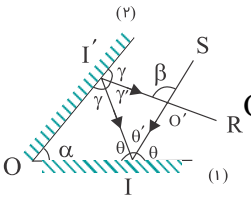
$$\begin{cases} \Delta\beta = \log \frac{I_۲}{I_۱} \\ \frac{I_۲}{I_۱} = \left(\frac{A_۲}{A_۱}\right)^۲ \end{cases} \Rightarrow \beta_۲ - \beta_۱ = \log ۱۶ \Rightarrow \beta_۲ - \frac{\beta_۲}{۱/۳} = \log ۱۶$$

$$\Rightarrow \frac{۳}{۱۳}\beta_۲ = ۴\log ۲ \Rightarrow \frac{۳}{۱۳}\beta_۲ = ۴ \times ۰/۳ \Rightarrow \beta_۲ = ۵/۲B = ۵۲dB$$

۷۶ گزینه ۲

در آینه‌های تخت زاویهٔ فرودی با زاویهٔ بازتاب باهم برابر هستند؛ بنابراین زاویه‌ای که پرتوهای تابش و بازتاب با آینه می‌سازند، نیز باهم برابرند.

باتوجه‌به زوایای داخلی مثلث $\overset{\Delta}{OII'}$ داریم:



$$\overset{\Delta}{OII'} \Rightarrow \hat{\alpha} + \hat{\gamma} + \hat{\theta} = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\alpha} = ۱۸۰ - \left(\hat{\gamma} + \hat{\theta}\right)$$

در یک مثلث، زاویهٔ خارجی یک زاویه برابر است با مجموع دو زاویهٔ دیگر، بنابراین در مثلث $\overset{\Delta}{O'II'}$ داریم:

$$\begin{cases} \overset{\Delta}{O'II'} \\ \hat{\gamma}' = ۱۸۰ - ۲\hat{\gamma} \\ \hat{\theta}' = ۱۸۰ - ۲\hat{\theta} \end{cases} \Rightarrow \hat{\beta} = \hat{\gamma}' + \hat{\theta}' \Rightarrow \hat{\beta} = (۱۸۰ - ۲\hat{\gamma}) + \left(۱۸۰ - ۲\hat{\theta}\right) \Rightarrow \hat{\beta} = ۳۶۰ - ۲\left(\hat{\gamma} + \hat{\theta}\right) \Rightarrow \hat{\beta} = ۲\hat{\alpha} \Rightarrow \frac{\hat{\beta}}{\hat{\alpha}} = ۲$$

۷۷ گزینه ۲

گام اول

الف) $x = ۰/۰۵ \sin ۲۰t$ $\leftarrow$ با مقایسهٔ این رابطه با معادلهٔ $x = A \sin \omega t$ درمی‌یابیم: $A = ۰/۰۵m \ , \ \omega = ۲۰ rad/s$

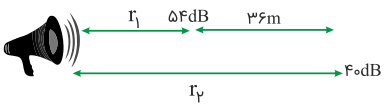
ب) بیشینهٔ انرژی جنبشی $\leftarrow$ $K_{max} = ۰/۰۶J$ $\leftarrow$ $۶ \times ۱۰^{-۲} J$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه بیشینهٔ انرژی جنبشی برابر است با بیشینه انرژی پتانسیل کشسانی فنر، ثابت فنر را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} K_{max} = U_{max} \\ U_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲ \end{cases} \Rightarrow \frac{۶}{۱۰۰} = \frac{۱}{۲} \times k \times \left(\frac{۵}{۱۰۰}\right)^۲ \Rightarrow k = ۴۸N/m$$

۷۸ گزینه ۳



$$B_۱ - B_۲ = ۱۰\log\left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲ \Rightarrow ۵۴ - ۴۰ = ۱۰\log\left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲ \Rightarrow ۱/۴ = \log\left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲$$

$$\Rightarrow ۲ - ۰/۶ = \log\left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲ \Rightarrow \log ۱۰^۲ - ۲\log ۲ = \log\left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲ \Rightarrow \frac{۱۰^۲}{۲^۲} = \left(\frac{r_۲}{r_۱}\right)^۲ \Rightarrow r_۲ = ۵r_۱ \qquad (*)$$

$$r_۲ - r_۱ = ۳۶ \xrightarrow{(*)} ۵r_۱ - r_۱ = ۳۶ \Rightarrow ۴r_۱ = ۳۶ \Rightarrow r_۱ = ۹\,m$$

۷۹ گزینه ۱

باتوجه‌به رابطهٔ $I = \frac{P}{A} = \frac{E}{A.t}$ و تعریف شدت صوت، گزینهٔ "۱" صحیح است.

۸۰ گزینه ۱

باتوجه‌به اینکه بسامد یک ویژگی ذاتی منبع موج است لذا با تغییر محیط پرتوی نور، بسامد آن تغییر نمی‌کند. پس بسامد نور در مایع شفاف برابر با بسامد آن در خلأ است:

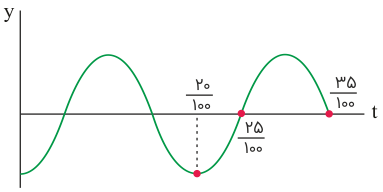
$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۰/۶ \times ۱۰^{-۶}} = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۶ \times ۱۰^{-۷}} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^{۱۵} = ۰/۵ \times ۱۰^{۱۵} = ۵ \times ۱۰^{۱۴}\,Hz$$

۸۱ گزینه ۱

گام اول: دورهٔ تناوب موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = V\,T \Rightarrow T = \frac{۰/۴}{۲} = ۰/۲\,s$$

تا لحظهٔ $t_۱ = ۰/۲۵\,s$ یعنی نقطهٔ M یک نوسان کامل انجام می‌دهد. در مکان $y = ۰$ قرار دارد به‌طوری‌که حرکت آن روبه‌بالا است.
در لحظهٔ $t = ۰/۳۵$ نقطهٔ M مجدداً در نقطهٔ $y = ۰$ قرار دارد و حرکت آن روبه‌پایین است:
پس حرکت آن ابتدا کندشونده و سپس تندشونده بوده است.
(نمودار مکان- زمان حرکت ذرهٔ M را مشاهده می‌کنید)



۸۲

گزینه ۱

گام اول

الف) تاری به جرم ۱۶۰ گرم $\leftarrow$ $m = ۱۶۰g = ۰/۱۶kg$

ب) به طول $۸۰cm$ $\leftarrow$ $l = ۸۰cm = ۰/۸m$

ج) با نیروی کشش ۲۰ نیوتن $\leftarrow$ $F = ۲۰N$

د) سرعت انتشار امواج عرضی در تار چند متر بر ثانیه؟ $\leftarrow$ $v = ?$

گام دوم

به کمک معادلهٔ $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F.l}{m}}$، سرعت انتشار امواج عرضی در تار را می‌یابیم:

$$v = \sqrt{\frac{F.l}{m}} = \sqrt{\frac{۲۰ \times ۰/۸}{۰/۱۶}} = ۱۰m/s$$

۸۳

گزینه ۲

گام اول

الف) فاصلهٔ بین دو قلهٔ متوالی $۱۰cm$ $\leftarrow$ $\lambda = ۱۰cm = ۰/۱m$

ب) سرعت انتشار موج در محیط $۵m/s$ $\leftarrow$ $v = ۵m/s$

ج) بسامد موج چند هرتز است؟ $\leftarrow$ $f = ?$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$، بسامد (فرکانس) موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۰} = \frac{۵}{f} \Rightarrow f = ۵۰Hz$$

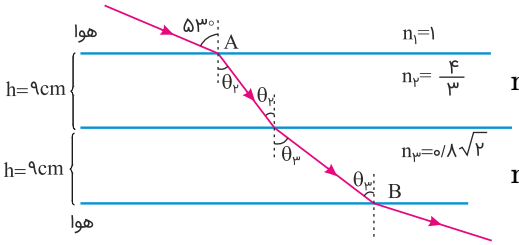
۸۴ گزینه ۱

گام اول: سرعت نور را در محیط‌های ۲ و ۳ به دست می‌آوریم:

$$\frac{n_۲}{n_۱}=\frac{v_۱}{v_۲}\Rightarrow v_۲=\frac{n_۱}{n_۲}\times v_۱=\frac{۱}{\frac{۴}{۳}}\times ۳\times ۱۰^۸=\frac{۹}{۴}\times ۱۰^۸\,m/s$$

$$v_۳=\frac{n_۱}{n_۳}\times v_۱=\frac{۱}{\frac{۴}{۵}\sqrt{۲}}\times ۳\times ۱۰^۸=\frac{۱۵}{۴\sqrt{۲}}\times ۱۰^۸$$

گام دوم: زاویه‌های $\theta_۲$ و $\theta_۳$ را محاسبه می‌کنیم:



$$n_۱\sin\theta_۱=n_۲\sin\theta_۲\Rightarrow ۱\times\frac{۸}{۱۰}=\frac{۴}{۳}\times\sin\theta_۲\Rightarrow\sin\theta_۲=\frac{۶}{۱۰}\Rightarrow\theta_۲=۳۷^\circ$$

$$n_۲\sin\theta_۲=n_۳\sin\theta_۳\Rightarrow\frac{۴}{۳}\times\frac{۶}{۱۰}=\frac{۸}{۱۰}\sqrt{۲}\sin\theta_۳\Rightarrow\sin\theta_۳=\frac{\sqrt{۲}}{۲}\Rightarrow\theta_۳=۴۵^\circ$$

گام سوم: به کمک زاویه‌های به‌دست‌آمده طول پاره‌خط‌های OA و OB را به دست می‌آوریم:

$$OA=\frac{h}{\cos\theta_۲}=\frac{۹}{\frac{۴}{۵}}=\frac{۴۵}{۴}\,cm$$

$$OB=\frac{h}{\cos\theta_۲}=\frac{۹}{\frac{\sqrt{۲}}{۲}}=\frac{۱۸}{\sqrt{۲}}\,cm$$

گام چهارم: مدت‌زمانی که نور در هریک از محیط‌های (۲) و (۳) بوده را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta t_۲=\frac{OA}{v_۲}=\frac{\frac{۴۵}{۴}\times ۱۰^{-۲}}{\frac{۹}{۴}\times ۱۰^۸}=۵\times ۱۰^{-۱۰}\,s=۰/۵\,ns$$

$$\Delta t_۳=\frac{OB}{v_۳}=\frac{\frac{۱۸}{\sqrt{۲}}\times ۱۰^{-۲}}{\frac{۱۵}{۴\sqrt{۲}}\times ۱۰^۸}=\frac{۷۲}{۱۵}\times ۱۰^{-۱۰}=۴/۸\times ۱۰^{-۱۰}s=۰/۴۸\,ns$$

گام پنجم: مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا نور از A به B برسد را به دست می‌آوریم:

$$\Delta t=\Delta t_۲+\Delta t_۳=۰/۵+۰/۴۸=۰/۹۸\,ns$$

۸۵ گزینه ۱

گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۲۶ دسی‌بل ← $\beta = ۲۶dB = ۲/۶B$

ب) شدت صوت؟ ← $I = ?$

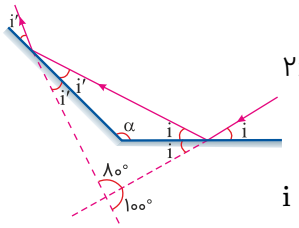
گام دوم

به کمک معادلهٔ $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$ ، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_۰} \\ I_۰ = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲ \\ \log ۲ = ۰/۳ \Rightarrow ۱۰^{۰/۳} = ۲ \end{cases} \Rightarrow ۲/۶ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^{۲/۶} = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^۲ \times (۱۰^{۰/۳})^۲ = ۴ \times ۱۰^{-۱۰} W/m^۲$$

۸۶ گزینه ۳

در مثلث بزرگ:



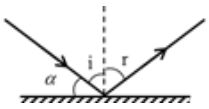
$$۲i + ۲i' + ۸۰ = ۱۸۰ \Rightarrow i + i' = ۵۰^\circ$$

در مثلث کوچک:

$$i + i' + \alpha = ۱۸۰ \Rightarrow ۵۰ + \alpha = ۱۸۰ \Rightarrow \alpha = ۱۳۰^\circ$$

۸۷ گزینه ۱

گام اول



الف) زاویهٔ بین راستای پرتو تابش و بازتابش در یک آینهٔ تخت $\frac{۱}{۴}$ زاویهٔ بین پرتو تابش و سطح آینه است ← $\hat{i} + \hat{r} = \frac{۱}{۴}\hat{\alpha}$

ب) زاویهٔ تابش چند درجه است ← $\hat{i} = ?$

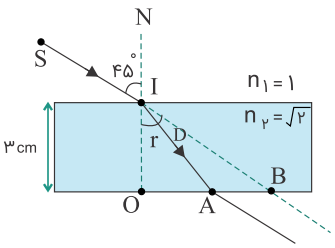
گام دوم

زاویهٔ تابش و بازتابش باهم برابرند$(\hat{i} = \hat{r})$ و از طرفی $\hat{\alpha}$، زاویهٔ متمم زاویهٔ تابش است؛ بنابراین:

$$\begin{cases} \hat{i} + \hat{r} = \frac{۱}{۴}\hat{\alpha} \\ \hat{\alpha} = ۹۰ - \hat{i} \\ \hat{i} = \hat{r} \end{cases} \Rightarrow ۲\hat{i} = ۲\hat{r} = \frac{۱}{۴}(۹۰ - \hat{r}) \Rightarrow ۸\hat{r} = ۹۰ - \hat{r} \Rightarrow ۹\hat{r} = ۹۰ \Rightarrow \hat{i} = \hat{r} = ۱۰^\circ$$

۸۸ گزینه ۲

با استفاده از زوایای $\hat{r}$ و $\hat{i}$، اضلاع OA و OB را به دست می‌آوریم تا بتوانیم AB را محاسبه کنیم.



$\hat{r}$ را می‌توانیم از قضیهٔ اسنل به دست آوریم:

$$\begin{cases} n_1 \sin\hat{i} = n_2 \sin\hat{r} \\ n_1 = 1\ ,\ n_2 = \sqrt{2} \\ \hat{i} = 45^\circ \end{cases} \Rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2}\sin\hat{r} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}\sin\hat{r} \Rightarrow \sin\hat{r} = \frac{1}{2} \Rightarrow \hat{r} = 30$$

باتوجه‌به زاویهٔ $\hat{r}$، OA برابر است با:

$$\begin{cases} \tan\hat{r} = \dfrac{OA}{OI} \\ OI = 3\,cm \end{cases} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{OA}{3} \Rightarrow OA = \sqrt{3}\,cm$$

ازآنجایی‌که $\hat{i} = \hat{r} + \hat{D} = 45^\circ$، OB به دست می آید و درنهایت AB محاسبه می شود:

$$\tan\left(\hat{r} + \hat{D}\right) = \frac{OB}{OI} \Rightarrow \tan 45^\circ = \frac{OB}{3} \Rightarrow OB = 3$$

$$AB = OB - OA \quad \Rightarrow \quad AB = 3 - \sqrt{3}$$

۸۹ گزینه ۱

$$\beta_2 - \beta_1 = 10\log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

$$\Rightarrow 120 - 80 = 10\log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \Rightarrow 4 = \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \Rightarrow \log 10^4 = \log\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$$

$$\Rightarrow 10^2 = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow 100 = \frac{20}{d_2} \Rightarrow d_2 = 0/2\,m = 20\,cm$$

۹۰ گزینه ۳

راه‌حل اول:

قانون شکست عمومی را دو بار استفاده می‌کنیم: یک‌بار بین محیط‌های ۱ و ۲ و بار دیگر بین محیط‌های ۲ و ۳:

$$\begin{cases} \dfrac{v_۲}{v_۱} = \dfrac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱} & (I) \\ \dfrac{v_۳}{v_۲} = \dfrac{\sin\theta_۳}{\sin\theta_۲} & (II) \end{cases} \xrightarrow{\text{رابطهٔ (II) را بر(I) داریم}} \frac{v_۳}{v_۱} = \frac{\sin\theta_۳}{\sin\theta_۱}$$

$$\Rightarrow \frac{v_۳}{v_۱} = \frac{\sin ۶۰^\circ}{\sin ۴۵^\circ} \Rightarrow \frac{v_۳}{v_۱} = \frac{\frac{\sqrt{۳}}{۲}}{\frac{\sqrt{۲}}{۲}} = \sqrt{\frac{۳}{۲}}$$

راه‌حل دوم:

نسبت سرعت نور در دو محیط متفاوت با عکس نسبت ضریب شکست آن دو محیط برابر است بنابراین: $\frac{v_۳}{v_۱} = \frac{n_۱}{n_۳}$

کافی است نسبت $\frac{n_۱}{n_۳}$ را به دست آوریم.

به کمک قضیهٔ اسنل $(\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_۲}{n_۱})$، در دو حالت زیر داریم:

وقتی پرتو از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شود:

$$\frac{\sin ۴۵^\circ}{\sin ۲۰^\circ} = \frac{n_۲}{n_۱}$$

و زمانی که از محیط (۲) وارد محیط (۳) می‌شود:

$$\frac{\sin ۲۰^\circ}{\sin ۶۰^\circ} = \frac{n_۳}{n_۲}$$

بنابراین نسبت $n_۱$ به $n_۳$ و درنهایت نسبت سرعت این دو محیط برابر است با:

$$\frac{n_۲}{n_۱} \times \frac{n_۳}{n_۲} = \frac{\sin ۴۵^\circ}{\sin ۲۰^\circ} \times \frac{\sin ۲۰^\circ}{\sin ۶۰^\circ} \Rightarrow \frac{n_۱}{n_۳} = \sqrt{\frac{۳}{۲}}$$

$$\frac{v_۳}{v_۱} = \frac{n_۱}{n_۳} = \sqrt{\frac{۳}{۲}}$$

نکته:

سرعت در هر محیط با زاویهٔ بین پرتو با خط عمود رابطهٔ مستقیم دارد. باتوجه‌به اینکه این زاویه در محیط (۳) بزرگ‌تر از محیط (۲) است؛ بنابراین $\frac{v_۳}{v_۱} > ۱$ بوده و درنتیجه گزینه‌های "۱" و "۲" و "۴" نادرست‌اند.

۹۱ گزینه ۴

اساس کار میکروفون سهموی بازتاب پرتوهای صوتی؛ دستگاه لیتوتریپسی بازتابنده‌های بیضوی و دستگاه کنترل سرعت مکان‌یابی پژواکی امواج الکترومغناطیس به همراه اثر دوپلر است.

۹۲ گزینه ۱

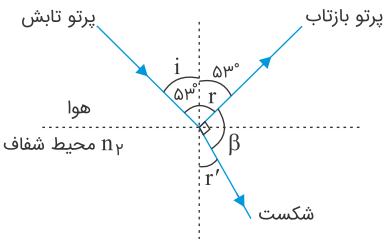
گام اول

الف) اگر پرتوهای بازتابش و شکست بر هم عمود باشند ← $\beta = ۹۰^\circ$

ب) ضریب شکست محیط چقدر است ← $n_۲ = ?$

گام دوم

زاویهٔ تابش و زاویهٔ بازتاب باهم برابرند، بنابراین:



$$\hat{i} = \hat{r} = ۵۳^\circ$$

طبق صورت سؤال پرتو بازتاب و شکست بر هم عمودند: $\beta = ۹۰^\circ$

مجموع زوایای یک نیم‌صفحه برابر ۱۸۰ است؛ بنابراین زاویهٔ شکست $(r")$ برابر است با:

$$r + \beta + r" = ۱۸۰ \Rightarrow ۵۳ + ۹۰ + r" = ۱۸۰ \Rightarrow r" = ۳۷^\circ$$

حال کافی است از قضیهٔ اسنل استفاده کنیم:

$$\begin{cases} n_۱ \sin \hat{i} = n_۲ \sin \hat{r"} \\ n_۱ = ۱ \end{cases} \Rightarrow ۱ \times ۰/۸ = n_۲ \times ۰/۶ \Rightarrow n_۲ = \frac{۴}{۳}$$

۹۳ گزینه ۱

نور از محیط رقیق به محیط غلیظ وارد می‌شود پس پرتوها به خط عمود نزدیک می‌شوند. از طرفی ضریب شکست مایع شفاف برای نور قرمز کمتر از نور سبز است بنابراین نور قرمز کمتر منحرف می‌شود.

۹۴ گزینه ۲

گام اول

اموج فراصوت و امواج فرابنفش ← امواج فراصوت، امواج مکانیکی‌اند و امواج فرابنفش امواج الکترومغناطیسی‌اند.

گام دوم

باتوجه‌به اینکه امواج فراصوت، امواج مکانیکی هستند در خلأ منتشر نمی‌شوند. پس گزینهٔ ۱ و ۳ و ۴ نادرست است.

ازطرفی سرعت امواج الکترومغناطیسی (سرعت نور) بسیار بیشتر از سرعت امواج مکانیکی (مانند فراصوت) است.

۹۵ گزینه ۳

گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۶۳ دسی‌بل $\leftarrow$ $\beta = ۶۳\text{dB} = ۶/۳\text{B}$

ب) شدت این صوت چندبرابر شدت صوت مبنا است؟ $\leftarrow$ $\frac{I}{I_۰} = ?$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$ نسبت $\frac{I}{I_۰}$ را می‌یابیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_۰} \\ \log ۲ = ۰/۳ \Rightarrow ۱۰^{۰/۳} = ۲ \end{cases} \Rightarrow ۶/۳ = \log \frac{I}{I_۰} \Rightarrow \frac{I}{I_۰} = ۱۰^{۶+۰/۳} = ۱۰^۶ \times ۱۰^{۰/۳} = ۲ \times ۱۰^۶$$

۹۶ گزینه ۳

گام اول

الف) اگر شدت صوتی $\sqrt{۱۰}$ برابر شود $\leftarrow$ $\frac{I_۲}{I_۱} = \sqrt{۱۰}$

ب) تراز شدت آن چگونه تغییر می‌کند؟ $\leftarrow$ $\Delta\beta = ?$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\Delta\beta = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱}$ (برحسب دسی‌بل) تغییرات تراز شدت را می‌یابیم:

$$\Delta\beta = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow \Delta\beta = ۱۰ \log \sqrt{۱۰} = ۱۰ \log (۱۰)^{\frac{۱}{۲}} = +۵\text{dB}$$

بنابراین تراز شدت صوت ۵ دسی‌بل افزایش می‌یابد.

۹۷ گزینه ۳

وقتی نور از هوا (محیط رقیق) وارد شیشه (محیط غلیظ) می‌شود، به خط عمود نزدیک شده و هنگام خروج از شیشه و ورود به هوا، پرتو نور از خط عمود دور می‌شود؛ بنابراین پرتو شکست، پرتو C است.

۹۸ گزینه ۱

انرژی مکانیکی، مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل است.

$$E = K + U \Rightarrow ۲۰ = K + ۱۵ \Rightarrow K = ۵\,\text{mJ}$$

رابطهٔ انرژی جنبشی:

$$K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow ۵ \times ۱۰^{-۳} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰۰ \times ۱۰^{-۳} \times v^۲ \Rightarrow ۵ = ۵۰ \times v^۲ \Rightarrow v^۲ = \frac{۱}{۱۰}$$

$$\Rightarrow v = \frac{۱}{\sqrt{۱۰}}\text{m/s} = \frac{\sqrt{۱۰}}{۱۰}\text{m/s} = \frac{\sqrt{۱۰}}{۱۰} \times ۱۰۰\,\text{cm/s} = ۱۰\sqrt{۱۰}\text{cm/s}$$

۹۹ گزینه ۱

نیروی کشسانی فنر برابر با نیروی نوسان است.

$$kx = ma \Rightarrow k = \frac{ma}{x} = \frac{۲ \times ۴}{۱ \times ۱۰^{-۲}} = ۸۰۰\,N/m$$

۱۰۰ گزینه ۱

$$\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۲$$
$$۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۲ \Rightarrow \log \frac{I_۲}{I_۱} = ۱/۲ = ۴ \times ۰/۳$$
$$\Rightarrow \log \frac{I_۲}{I_۱} = ۴ \log ۲ \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = ۲^۴ = ۱۶$$

۱۰۱ گزینه ۴

باتوجه‌به رابطه‌های $\frac{n_{\text{محیط شفاف}}}{n_{\text{خلأ}}} = \frac{v_{\text{خلأ}}}{v_{\text{محیط شفاف}}}$ و $v_{\text{خلأ}} = c = \frac{۱}{\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}}$ داریم:

$$\begin{cases} \frac{v_{\text{خلأ}}}{v_{\text{محیط شفاف}}} = \frac{n_{\text{محیط شفاف}}}{n_{\text{خلأ}}} \\ n_{\text{محیط شفاف}} = \frac{۴}{۳}\,,\ n_{\text{خلأ}} = ۱ \Rightarrow \frac{۱}{\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}\, v_{\text{محیط شفاف}}} = \frac{\frac{۴}{۳}}{۱} \Rightarrow v_{\text{محیط شفاف}} = \frac{۳}{۴\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}} \\ v_{\text{خلأ}} = c = \frac{۱}{\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}} \end{cases}$$

۱۰۲ گزینه ۲

گام اول

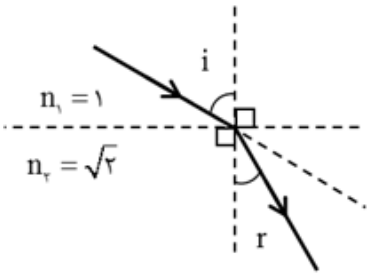
الف) از هوا به محیط شفافی به ضریب شکست $\sqrt{۲}$ ← $n_۱ = ۱\ ,\ n_۲ = \sqrt{۲}$

ب) پرتو ورودی به‌اندازهٔ ۱۵ درجه منحرف شود ← $D = \hat{i} - \hat{r} = ۱۵^\circ$

ج) زاویهٔ تابش چند درجه است؟ ← $\hat{i} = ?$

گام دوم

ابتدا با توجه به زاویهٔ انحراف، $\hat{r}$ را برحسب $\hat{i}$ به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از قضیهٔ اسنل $\hat{i}$ را محاسبه می‌کنیم:



$$D = \hat{i} - \hat{r} = ۱۵^\circ \Rightarrow \hat{r} = \hat{i} - ۱۵^\circ$$

$$\begin{cases} n_۱ \sin\hat{i} = n_۲ \sin\hat{r} \\ n_۱ = ۱ \end{cases} \Rightarrow \sin\hat{i} = \sqrt{۲}\sin\left(\hat{i} - ۱۵\right)$$

که فقط به‌ازای $\hat{i} = ۴۵^\circ$ تساوی برقرار است.

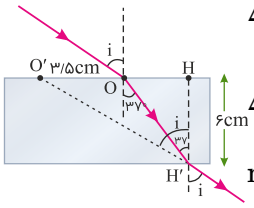
* اثبات رابطهٔ به‌دست‌آمدهٔ فوق:

$$\sin\hat{i} = \sqrt{۲}\sin(\hat{i} - ۱۵)$$
$$\sin\hat{i} = \sqrt{۲}\left(\sin\hat{i}.\cos ۱۵ - \sin ۱۵.\cos\hat{i}\right)$$

از طرفی به‌جای ۱۵ می‌توان $۴۵ - ۳۰$ را جایگذاری کرد، پس داریم:

$$\sin\hat{i} = \sqrt{۲}\left(\sin\hat{i}.\cos(۴۵ - ۳۰) - \sin(۴۵ - ۳۰).\cos\hat{i}\right)$$
$$\sin\hat{i} = \sqrt{۲}\left(\sin\hat{i}.(\frac{\sqrt{۶} + \sqrt{۲}}{۴}) - (\frac{\sqrt{۶} - \sqrt{۲}}{۴}).\cos\hat{i}\right)$$
$$\sin\hat{i} = (\frac{\sqrt{۱۲} + ۲}{۴}).\sin\hat{i} - (\frac{\sqrt{۱۲} - ۲}{۴}).\cos\hat{i}$$
$$(\frac{\sqrt{۱۲} - ۲}{۴}).\cos\hat{i} = (\frac{\sqrt{۱۲} - ۲}{۴}).\sin\hat{i}$$
$$\sin\hat{i} = \cos\hat{i}$$
$$\hat{i} = ۴۵^\circ$$

۱۰۳ گزینه ۲



$$\Delta OHH' \Rightarrow \text{Tan}\,۳۷^\circ = \frac{OH}{HH'} \Rightarrow \frac{۳}{۴} = \frac{OH}{۶} \Rightarrow OH = ۴/۵\,cm$$

$$\Delta O'H\,H' \Rightarrow \text{Tan}\,i = \frac{O'H}{HH'} = \frac{۳/۵ + ۴/۵}{۶} = \frac{۸}{۶} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow i = ۵۳^\circ$$

$$n_۱ \sin i = n_۲ \sin ۳۷^\circ$$

$$\sin ۵۳^\circ = n_۲ \times ۰/۶ \Rightarrow ۰/۸ = n \times ۰/۶ \Rightarrow n = \frac{۴}{۳}$$

۱۰۴ گزینه ۴

راه‌حل اول:

$$\text{مطابق شکل}: \frac{\lambda}{۴} = ۱۰cm = ۰/۱m \Rightarrow \lambda = ۰/۴m$$

باتوجه‌به رابطهٔ $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ داریم:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow ۱۰ = \frac{\frac{۳\lambda}{۴}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\frac{۳ \times ۰/۴}{۴}}{۱۰} s = \frac{۳}{۱۰۰} s$$

راه‌حل دوم:

$$\text{مطابق شکل}: \frac{\lambda}{۴} = ۱۰cm = ۰/۱m \Rightarrow \lambda = ۰/۴m$$

$$\begin{cases} f = \frac{v}{\lambda} \\ \omega = ۲\pi f \end{cases} \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi v}{\lambda} \Rightarrow \omega = \frac{۲\pi \times ۱۰}{۰/۴} = ۵۰\pi\, rad/s$$

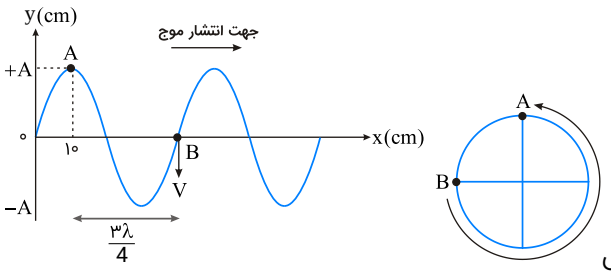
$$T = \frac{۲\pi}{\omega} \Rightarrow T = \frac{۲\pi}{۵۰\pi} = \frac{۱}{۲۵} s$$

$$\text{مطابق شکل}: \Delta t_{AB} = \frac{۳T}{۴} \Rightarrow \Delta t_{AB} = \frac{۳}{۴ \times ۲۵} = \frac{۳}{۱۰۰} s$$

راه‌حل سوم:

ابتدا فاز ذره‌های A و B را روی دایرهٔ نوسان مشخص می‌کنیم و متوجه می‌شویم که ذرهٔ B برای رسیدن به موقعیت ذرهٔ A باید $\frac{۳\pi}{۲}$ تغییر فاز بدهد: $(\Delta\varphi = \frac{۳\pi}{۲})$

حالا از روی شکل، طول موج را حساب می‌کنیم و در رابطهٔ $k = \frac{۲\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$ جایگذاری می‌کنیم تا ω به دست آید:



$$\text{مطابق شکل}: \frac{\lambda}{۴} = ۱۰cm = ۰/۱m \Rightarrow \lambda = ۰/۴m$$

$$\begin{cases} \frac{۲\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v} \\ v = ۱۰m/s \end{cases} \Rightarrow \frac{۲\pi}{۰/۴} = \frac{\omega}{۱۰} \Rightarrow \omega = ۵۰\pi\, rad/s$$

درنهایت با استفاده از معادلهٔ $\Delta\varphi = \omega \times \Delta t$، مدت‌زمانی را که طول می‌کشد تا ذرهٔ B به موقعیت ذرهٔ A برسد، محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \Delta\varphi = \omega \times \Delta t \\ \Delta\varphi = \frac{۳\pi}{۲} rad \\ \omega = ۵۰\pi rad/s \end{cases} \Rightarrow \frac{۳\pi}{۲} = ۵۰\pi \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = ۰/۰۳s$$

۱۰۵ گزینه ۳

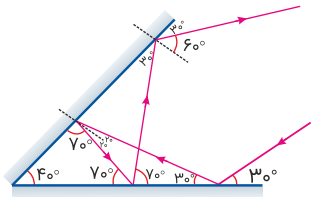
ماکسول نشان داد که سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلأ از رابطهٔ $c = (\mu_0 \varepsilon_0)^{-\frac{1}{2}}$ به دست می‌آید.

۱۰۶ گزینه ۱

باتوجه‌به اینکه تعداد فوتون‌های بازتابیده و شکسته‌شده یکسان نیست پس شدت نور آن‌ها باهم متفاوت است (رد گزینهٔ "۳"). ازطرفی سرعت انتشار نور در محیط‌های مختلف، متفاوت است (رد گزینهٔ "۴"). ازآنجایی‌که امتداد موج‌های بازتابیده و شکسته باهم برابر نیست و اصلاً کمیت محسوب نمی‌شود گزینهٔ "۲" هم غلط است. درنهایت چون موج‌های بازتابیده و شکسته‌شده از یک منبع خارج شده‌اند، پس بسامد و درنتیجه دورهٔ آن‌ها باهم برابر است (گزینهٔ "۱" صحیح است).

۱۰۷ گزینه ۱

زوایای تابش و بازتاب باهم برابرند. مجموع زاویه‌های داخل مثلث ۱۸۰° است.



۱۰۸ گزینه ۲

گام اول

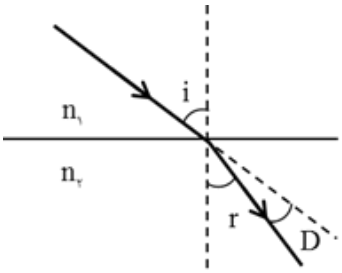
الف) زاویهٔ تابش $\hat{i} = ۴۵^\circ \leftarrow ۴۵^\circ$

ب) محیط شفافی به ضریب شکست $n_۲ = \sqrt{۲} \leftarrow \sqrt{۲}$

ج) چند درجه از راستای اولیه منحرف می‌شود؟ $D = \hat{i} - \hat{r} = ? \leftarrow$

گام دوم

باتوجه‌به اینکه ضریب شکست هوا برابر با ۱ است، می‌توانیم زاویهٔ شکست را با استفاده از قانون اسنل به دست آوریم:



$$n_۱ \sin\hat{i} = n_۲ \sin\hat{r} \Rightarrow ۱ \times \sin ۴۵^\circ = \sqrt{۲} \sin\hat{r} \Rightarrow \sin\hat{r} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \hat{r} = ۳۰^\circ$$

بنابراین زاویهٔ انحراف برابر است با:

$$D = \hat{i} - \hat{r} \Rightarrow D = ۴۵ - ۳۰ = ۱۵^\circ$$

۱۰۹ گزینه ۳

$$\lambda = vT \Rightarrow ۵ = ۲۰T \Rightarrow T = \frac{۱}{۴} s$$

زمان $\frac{۱}{۸} s$ نصف دورهٔ تناوب است که در این مدت، مسافتی که یک ذره از طناب طی می‌کند ۲ برابر دامنهٔ نوسان است:

$$x = ۲A = ۲ \times ۲ = ۴ cm$$

۱۱۰ گزینه ۴

گام اول

الف) سیمی به طول یک متر ← $l = ۱m$

ب) جرم ۴ گرم ← $m = ۴g = ۰/۰۰۴kg$

ج) نیروی کشش سیم ۱۰ نیوتن ← $F = ۱۰N$

د) سرعت انتقال امواج عرض در سیم چند متر بر ثانیه؟ ← $v = ?$

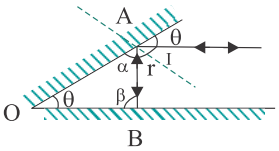
گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F.l}{m}}$، سرعت انتقال امواج را محاسبه می‌کنیم:

$$v = \sqrt{\frac{F.l}{m}} = \sqrt{\frac{۱۰ \times ۱}{۰/۰۰۴}} = ۵۰m/s$$

۱۱۱ گزینه ۳

در آینهٔ تخت زاویه تابش و بازتاب باهم برابرند، بنابراین متمم‌های آن‌ها نیز باهم مساوی‌اند:

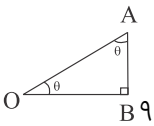


$$\begin{cases} \hat{i} + \hat{\theta} = ۹۰ \\ \hat{r} + \hat{\alpha} = ۹۰ \\ \hat{i} = \hat{r} \end{cases} \Rightarrow \hat{\alpha} = \hat{\theta}$$

پرتو تابش و بازتاب، زمانی روی‌هم می‌افتند که پرتو به‌صورت عمود بر آینه تابیده شده باشد، بنابراین:

$$\hat{\beta} = ۹۰^\circ$$

حالا با توجه به مثلث $\overset{\Delta}{OAB}$ می‌توانیم زاویهٔ $\hat{\theta}$ را به دست بیاوریم:



$$۹۰ + ۲\theta = ۱۸۰ \Rightarrow \theta = ۴۵^\circ$$

۱۱۲ گزینه ۱

به کمک رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$، دورهٔ آونگ را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} T = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \\ l = ۲۴/۵cm = ۰/۲۴۵m \\ g = ۹/۸m/s^۲ \\ \pi^۲ = ۱۰ \end{cases} \Rightarrow T = ۲ \times \sqrt{۱۰} \times \sqrt{\frac{\frac{۲۴۵}{۱۰۰۰}}{\frac{۹۸}{۱۰}}} = ۲ \times \sqrt{۱۰ \times \frac{۲۴۵}{۹۸ \times ۱۰۰}} = ۲ \times \sqrt{\frac{۱}{۴}} = ۱s$$

۱۱۳ گزینه ۲

$$\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_۰}$$

$$۸۰ = ۱۰\log\frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow ۱۰^۸ = \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۴}\,W/m^۲$$

$$P = IA \Rightarrow ۴۸ = ۱۰^{-۴}(۴\pi d^۲) \Rightarrow d = ۲۰۰\,m$$

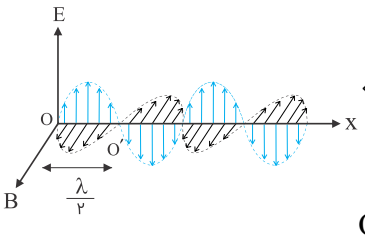
۱۱۴ گزینه ۴

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F.L}{m}} = \sqrt{\frac{۳۲۰ \times ۱}{۸ \times ۱۰^{-۳}}} = ۲۰۰\,m/s$$

$$x = vt \Rightarrow ۱ = ۲۰۰t \Rightarrow t = \frac{۱}{۲۰۰} = ۰/۰۰۵\,s$$

۱۱۵ گزینه ۲

نقطهٔ O' اولین نقطهٔ مخالف فاز O است و مطابق شکل فاصلهٔ آن‌ها از هم برابر $\frac{\lambda}{۲}$ است. پس کافی است برای محاسبهٔ فاصلهٔ بین آن‌ها طول موج را از رابطهٔ $\lambda = \frac{c}{f}$ بیابیم:

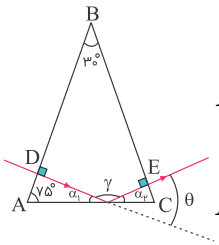


$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ c = ۳ \times ۱۰^۸\,m/s \\ f = ۲\,MHz = ۲ \times ۱۰^۶\,Hz \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۲ \times ۱۰^۶} = ۱۵۰\,m$$

$$\text{فاصلهٔ نقطهٔ } O' \text{ از } O = \frac{\lambda}{۲} = \frac{۱۵۰}{۲} = ۷۵\,m$$

۱۱۶ گزینه ۲

با توجه به زوایای داخلی مثلث‌های شکل، زاویهٔ $\hat{\gamma}$ را به دست بیاوریم.



$$\overset{\Delta}{ABC} \Rightarrow \begin{cases} \hat{A}+\hat{B}+\hat{C}=۱۸۰ \\ \hat{A}=۷۵, \hat{B}=۳۰ \end{cases} \Rightarrow ۷۵+۳۰+\hat{C}=۱۸۰ \Rightarrow \hat{C}=۷۵^\circ$$

$$\overset{\Delta}{ADO} \Rightarrow ۹۰+۷۵+\alpha_۱=۱۸۰ \Rightarrow \alpha_۱=۱۵^\circ$$

$$\overset{\Delta}{OEC} \Rightarrow ۹۰+۷۵+\alpha_۲=۱۸۰ \Rightarrow \alpha_۲=۱۵^\circ$$

زوایای $\hat{\alpha}_۱$ و $\hat{\alpha}_۲$ و $\hat{\gamma}$ تشکیل یک نیم‌صفحه می‌دهند؛ بنابراین $\hat{\gamma}$ برابر است با:

$$\hat{\alpha}_۱+\hat{\gamma}+\hat{\alpha}_۲=۱۸۰ \Rightarrow ۱۵+\hat{\gamma}+۱۵=۱۸۰ \Rightarrow \hat{\gamma}=۱۵۰^\circ$$

زاویهٔ $\hat{\theta}$ و $\hat{\gamma}$، زوایای مکمل هم هستند:

$$\begin{cases} \hat{\gamma}+\hat{\theta}=۱۸۰^\circ \\ \hat{\gamma}=۱۵۰^\circ \end{cases} \Rightarrow \theta=۳۰^\circ$$

۱۱۷ گزینه ۳

گام اول

الف) شدت صوتی $۰/۴W/m^۲$ است $\leftarrow$ $I=۰/۴W/m^۲$

ب) تراز شدت صوت چند دسی‌بل؟ $\leftarrow$ $\beta=?(dB)$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\beta=۱۰\log\frac{I}{I_۰}$، تراز شدت صوت را برحسب دسی‌بل محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta=۱۰\log\dfrac{I}{I_۰} \\ I_۰=۱۰^{-۱۲}W/m^۲ \\ \log ۲=۰/۳ \end{cases} \Rightarrow \beta=۱۰\log\frac{۰/۴}{۱۰^{-۱۲}}=۱۰\log ۴\times ۱۰^{۱۱}=۱۰(۱۱+۲\log ۲)$$

$$=۱۰(۱۱+۲\times ۰/۳)=۱۱۶\,dB$$

۱۱۸ گزینه ۲

همان‌طور که در نمودار صورت سؤال مشخص شده است، به ازای یک موج کامل B، دو موج کامل A داریم، بنابراین:

$$f_A=۲f_B \Rightarrow T_A=\frac{۱}{۲}T_B$$

چون هر دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند، سرعت انتشار آن‌ها باهم مساوی است.

$$v_A=v_B$$

۱۱۹ گزینه ۱

گام اول

الف) مساحت مقطع یک سیم $۱۰^{-۶}$ مترمربع $\leftarrow$ $A = ۱۰^{-۶}m^{۲}$

ب) چگالی آن $۶/۴g/cm^{۳}$ $\leftarrow$ $\rho = ۶/۴g/cm^{۳} = ۶۴۰۰kg/m^{۳}$

ج) اگر این سیم با نیروی ۴ نیوتن کشیده شود $\leftarrow$ $F = ۴N$

د) سرعت انتشار امواج عرضی در آن چند متر بر ثانیه است؟ $\leftarrow$ $v = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطه‌های $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F.l}{m}}$، $\rho = \frac{m}{V_{\text{حجم}}}$ و $V_{\text{حجم}} = A.l$ داریم:

$$\begin{cases} \rho = \frac{m}{V_{\text{حجم}}} \Rightarrow m = \rho.V_{\text{حجم}} \\ V_{\text{حجم}} = A.l \end{cases} \Rightarrow m = \rho.A.l$$

$$v = \sqrt{\frac{F.l}{m}} = \sqrt{\frac{F.l}{\rho.A.l}} = \sqrt{\frac{F}{\rho.A}}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho.A}} = \sqrt{\frac{۴}{۶۴۰۰ \times ۱۰^{-۶}}} = ۲۵m/s$$

۱۲۰ گزینه ۴

$$\text{تعداد نوسان}\ n = \frac{t}{T} \Rightarrow \frac{n_M}{n_N} = \frac{T_N}{T_M} (۱)$$

مطابق شکل:

$$\frac{\lambda_M}{۴} = \frac{\lambda_N}{۲} \Rightarrow \lambda_M = ۲\lambda_N$$

$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow T_M = ۲T_N$$

$$(۱) \Rightarrow \frac{۲}{n_N} = \frac{T_N}{۲T_N} \Rightarrow n_N = ۴$$

۱۲۱ گزینه ۴

بسامد زاویه‌ای تمام نقاط طناب باهم برابر است.

۱۲۲ گزینه ۴

گام اول

الف) صوتی با بسامد $۲۵Hz$، با شدت $۱۰^{۴}\mu W/m^{۲} \leftarrow I = ۱۰^{۴} \times ۱۰^{-۶} W/m^{۲} = ۱۰^{-۲} W/m^{۲}$

ب) تراز شدت این صوت، چند دسی‌بل است؟ $\leftarrow \beta = ?(dB)$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_۰}$ ، تراز شدت صوت را برحسب دسی‌بل محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = ۱۰ \log \dfrac{I}{I_۰} \\ I_۰ = ۱۰^{-۱۲} W/m^{۲} \end{cases} \Rightarrow \beta = ۱۰ \log \frac{۱۰^{-۲}}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۰۰dB$$

۱۲۳ گزینه ۱

گام اول

الف) اگر شدت صوتی را ۱۶ برابر کنیم $\leftarrow \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۶$

ب) تراز شدت آن ۵ برابر می‌شود $\leftarrow \frac{\beta_۲}{\beta_۱} = ۵$

ج) شدت اولیهٔ صوت؟ $\leftarrow I_۱ = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطه‌های $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$ و $\beta_۲ - \beta_۱ = \log \frac{I_۲}{I_۱}$، تراز شدت اولیهٔ صوت را به دست می‌آوریم:

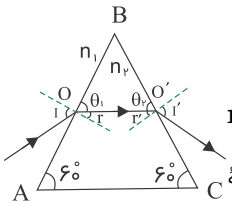
$$\beta_۲ - \beta_۱ = \log \frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow ۵\beta_۱ - \beta_۱ = \log ۱۶ \Rightarrow ۴\beta_۱ = ۴ \log ۲ \Rightarrow \beta_۱ = \log ۲$$

حال می‌توانیم شدت صوت اولیه را به دست بیاوریم.

$$\begin{cases} \beta_۱ = \log \dfrac{I_۱}{I_۰} \\ \beta_۱ = \log ۲ \\ I_۰ = ۱۰^{-۱۲} W/m^{۲} \end{cases} \Rightarrow \log ۲ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۲ \times ۱۰^{-۱۲} W/m^{۲}$$

۱۲۴ گزینه ۱

باتوجه‌به قضیهٔ اسنل می‌توانیم رابطهٔ بین زوایای $\hat{r}$ و $\hat{i}$ را به دست بیاوریم:



$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$$

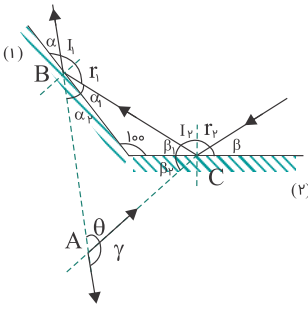
باتوجه‌به اینکه n_1 و n_2 مقادیر ثابتی هستند، با افزایش اندازهٔ زاویهٔ $\hat{i}$، $\hat{r}$ نیز افزایش می‌یابد. مجموع زوایای $\hat{r}$ و $\hat{r'}$ با زاویهٔ رأس منشور برابر است، زیرا:

$$\overset{\Delta}{OBO'} \Rightarrow \begin{cases} \hat{B} + \hat{\theta}_1 + \hat{\theta}_2 = 180 \\ \hat{\theta}_1 = 90 - \hat{r} \\ \hat{\theta}_2 = 90 - \hat{r'} \end{cases} \Rightarrow \hat{B} + 180 - \left(\hat{r} + \hat{r'}\right) = 180 \Rightarrow \hat{B} = \hat{r} + \hat{r'}$$

باتوجه‌به ثابت بودن زاویهٔ رأس منشور $(\hat{B})$، با افزایش اندازهٔ $\hat{r}$ (به دلیل افزایش $\hat{i}$)، $\hat{r'}$ کاهش می‌یابد.
بازهم باتوجه‌به قضیهٔ اسنل، در نقطهٔ O' با کاهش زاویهٔ $\hat{r'}$، $\hat{i'}$ نیز کاهش می‌یابد.

۱۲۵ گزینه ۳

باید زاویه $\hat{\theta}$ را به دست بیاوریم تا بتوانیم $\hat{\gamma}$ (زاویه بین پرتو بازتاب از آینهٔ دوم و پرتو تابیده‌شده به آینه اول) را محاسبه کنیم.



با توجه به قانون بازتاب در آینهٔ تخت داریم:

$$\begin{cases} \hat{i}_۱ = \hat{r}_۱ \Rightarrow \hat{\alpha}_۱ = \hat{\alpha} \\ \hat{i}_۲ = \hat{r}_۲ \Rightarrow \hat{\beta}_۱ = \hat{\beta} \end{cases}$$

زوایای $\hat{\beta}$ با $\hat{\beta}_۲$ و $\hat{\alpha}$ با $\hat{\alpha}_۲$ متقابل به رأس هستند، بنابراین:

$$\begin{cases} \hat{\beta}_۲ = \hat{\beta} \\ \hat{\alpha}_۲ = \hat{\alpha} \end{cases}$$

با در نظر گرفتن زوایای داخلی مثلث‌های

$$A'\overset{\Delta}{B}C\ ,\ A\overset{\Delta}{B}C$$

می‌توانیم زاویهٔ $\hat{\theta}$ را به دست بیاوریم:

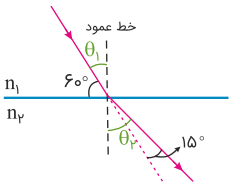
$$\begin{cases} A'\overset{\Delta}{B}C \Rightarrow \hat{\alpha}_۱ + \hat{\beta}_۱ + ۱۰۰ = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\alpha} + \hat{\beta} = ۸۰ \\ A\overset{\Delta}{B}C \Rightarrow \hat{\theta} + (\hat{\alpha}_۱ + \hat{\alpha}_۲) + \left(\hat{\beta}_۱ + \hat{\beta}_۲\right) = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\theta} + ۲\left(\hat{\alpha} + \hat{\beta}\right) = ۱۸۰ \end{cases} \Rightarrow \hat{\theta} + ۲ \times ۸۰ = ۱۸۰$$

بنابراین $\hat{\gamma}$ برابر است با:

$$\hat{\theta} + \hat{\gamma} = ۱۸۰ \Rightarrow ۲۰ + \hat{\gamma} = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\gamma} = ۱۶۰$$

۱۲۶ گزینه ۱

در شکست یک پرتو رابطهٔ $\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱}$ برقرار است که در این رابطه، θ زاویهٔ پرتوها با خط عمود است.



$$\begin{cases} \theta_۱ = ۹۰^\circ - ۶۰^\circ = ۳۰^\circ \\ \theta_۲ = \theta_۱ + ۱۵^\circ = ۴۵^\circ \end{cases}$$

$$\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{\sin\theta_۲}{\sin\theta_۱} \Rightarrow \frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{\sin ۴۵}{\sin ۳۰} = \frac{\frac{\sqrt{۲}}{۲}}{\frac{۱}{۲}} = \sqrt{۲}$$

۱۲۷ گزینه ۲

گام اول

الف) بسامد نور قرمز در حدود $4/28 \times 10^{14}\ Hz \leftarrow f = 4/28 \times 10^{14}\ Hz$

ب) طول موج این نور در هوا چندبرابر طول موج آن در آب است؟ $\leftarrow ? = \frac{\lambda_{هوا}}{\lambda_{آب}}$

ج) سرعت نور قرمز در هوا $3 \times 10^{8}\ m/s$ و در آب $2/25 \times 10^{8}\ m/s \leftarrow v_{هوا} = 3 \times 10^{8}\ m/s\ ,\ v_{آب} = 2/25 \times 10^{8}\ m/s$

گام دوم

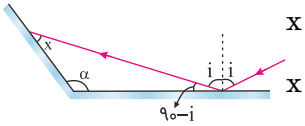
با استفاده از رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ نسبت $\frac{\lambda_{هوا}}{\lambda_{آب}}$ را می‌یابیم:

$$\frac{\lambda_{هوا}}{\lambda_{آب}} = \frac{\frac{v_{هوا}}{f}}{\frac{v_{آب}}{f}} = \frac{3 \times 10^{8}}{2/25 \times 10^{8}} = \frac{4}{3}$$

۱۲۸ گزینه ۴

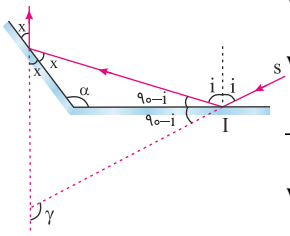
زاویهٔ γ همان زاویهٔ انحراف است. زاویهٔ انحراف در دو آینهٔ متقاطع، پس از یک‌بار بازتاب از هر آینه به زاویهٔ تابش بستگی ندارد و ۲ برابر زاویهٔ حادهٔ بین دو آینه است. پس در اینجا با تغییر زاویهٔ i، زاویهٔ γ تغییر نمی‌کند.

اثبات:



$$x + \alpha + 90 - i = 180$$

$$x = 90 + i - \alpha$$



$$\gamma = 2x + 2(90 - i)$$

$$\gamma = 180 + 2x - 2i$$

$$\xrightarrow{x=90+i-\alpha} \gamma = 180 + 180 + 2i - 2\alpha - 2\overrightarrow{i}$$

$$\gamma = 360 - 2\alpha = 2\underbrace{(180 - \alpha)}_{\text{زاویهٔ حادهٔ بین دو آینه}}$$

همان‌طور که در بالا می‌بینیم، اثری از زاویهٔ i در مقدار به‌دست‌آمده در γ وجود ندارد.

۱۲۹ گزینه ۱

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 60 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 6 = \log \frac{I}{I_0}$$

$$\Rightarrow \log 10^{6} = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-6}\ W/m^{2}$$

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = IA = I \times 4\pi r^{2}$$

$$\Rightarrow P = 10^{-6} \times 4\pi \times 5^{2} = \pi \times 10^{-4} W \times 10^{3} = 0/1\pi\ mW$$

۱۳۰ گزینه ۳

$$T = ۲ \times ۱ = ۲\,s$$
$$\omega = \frac{۲\pi}{T} \xrightarrow{T=۲s} \omega = \frac{۲\pi}{۲} = \pi$$
$$A = (\frac{۴}{۲})cm = ۲cm = ۰/۰۲m$$
$$v_m = A\omega \xrightarrow{A=۰/۰۲m\,,\,\omega=\pi} v_m = ۰/۰۲ \times \pi = ۰/۰۲\pi\,m/s = ۲\pi\,cm/s$$

۱۳۱ گزینه ۲

گام اول

الف) فنری با ثابت $۱۰۰N/m$ ← $k = ۱۰۰N/m$

ب) با دامنهٔ $۴cm$ ← $A = ۴cm = ۰/۰۴m$

ج) انرژی جنبشی آن در لحظه‌ای که از مبدأ نوسان می‌گذرد؟ ← $x = ۰ : K_{max} = ?$

گام دوم

هنگام عبور از مبدأ انرژی، پتانسیل کشسانی نداریم و انرژی جنبشی‌مان در حالت ماکزیمم قرار دارد. از طرفی انرژی جنبشی بیشینه برابر است با انرژی پتانسیل کشسانی بیشینه، بنابراین داریم:

$$\begin{cases} E = K_{max} = U_{max} \\ U_{max} = \frac{۱}{۲}kA^۲ \end{cases} \Rightarrow K_{max} = \frac{۱}{۲} \times ۱۰۰ \times \left(\frac{۴}{۱۰۰}\right)^۲ = ۰/۰۸J$$

۱۳۲ گزینه ۳

گام اول

الف) اگر شدت صوت چشمه‌ای را ۸ برابر کنیم ← $I_۲ = ۸\,I_۱$

ب) تراز شدت صوت ۱/۳ برابر می‌شود ← $\beta_۲ = ۱/۳\,\beta_۱$

ج) تراز شدت صوت اولیه چند دسی‌بل بوده؟ ← $\beta_۱ = ?\ (dB)$

گام دوم

باتوجه‌به رابطهٔ $\beta = ۱۰\log\frac{I}{I_۰}$ داریم:

$$\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow ۱/۳\,\beta_۱ - \beta_۱ = ۱۰\log\frac{۸I_۱}{I_۱} \Rightarrow ۰/۳\beta_۱ = ۱۰\log ۸ \Rightarrow ۰/۳\,\beta_۱ = ۳۰\log ۲$$
$$\xrightarrow{\log ۲ = ۰/۳} ۰/۳\beta_۱ = ۳۰ \times ۰/۳ \Rightarrow \beta_۱ = ۳۰\,dB$$

۱۳۳ گزینه ۲

گام اول

الف) بیشترین سرعت نوسانگر ساده $5m/s$ $\leftarrow$ $v_{max} = 5m/s$

ب) در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل ۳ برابر انرژی جنبشی $\leftarrow$ $U = 3K$

گام دوم

راه‌حل اول:

به کمک معادله‌های $E = K + U$ و $E = K_{max}$ سرعت نوسانگر را در لحظهٔ خواسته‌شده به دست می‌آوریم:

$$E = U + K = K + 3K = 4K \quad (I)$$

$$E = K_{max} = \frac{1}{2}mv_{max}^2 \Rightarrow E = \frac{1}{2}m(5)^2 = \frac{25}{2}m \quad (II)$$

$$\xrightarrow{(I),(II)} 4K = \frac{25}{2}m \Rightarrow 4 \times \frac{1}{2}mv^2 = \frac{25}{2}m \Rightarrow v^2 = \frac{25}{4} \Rightarrow |v| = 2/5\,m/s$$

راه‌حل دوم:

با استفاده از رابطه‌های زیر، داریم:

$$E = U + K = K + 3K = 4K \quad (*)$$

$$\begin{cases} E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \\ K = \frac{1}{2}mv^2 \end{cases} \xrightarrow{(*)} \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 4 \times \frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow{v_{max}=A\omega} v_{max}^2 = 4v^2 \Rightarrow |v| = \sqrt{\frac{25}{4}} = 2/5\,m/s$$

۱۳۴ گزینه ۲

در امواج الکترومغناطیسی همواره میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی بر هم عمودند و با یکدیگر هم‌فازند. بنابراین در لحظه‌ای که میدان الکتریکی در یک نقطه بیشینه است، میدان مغناطیسی هم در آن نقطه بیشینه است.

۱۳۵ گزینه ۴

در رادار، برای ردیابی از پرتوهای واقع در ناحیهٔ امواج رادیویی استفاده می‌کنند.

۱۳۶ گزینه ۳

شدت صوت هزار برابر شده است؛ پس داریم:

$$\frac{I_2}{I_1} = 10^3$$

از رابطهٔ $\beta_2 - \beta_1 = 10(dB)\log\frac{I_2}{I_1}$ داریم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10\log 10^3 \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 30dB$$

پس تراز شدت صوت $30\,dB$ افزایش یافته است.

۱۳۷ گزینه ۱

گام اول

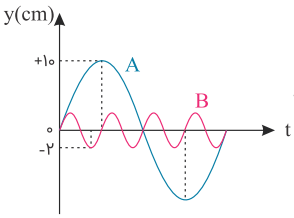
الف) جرم نوسانگر B، پنج برابر جرم نوسانگر A است ← $m_B = ۵m_A$

ب) انرژی مکانیکی نوسانگر A چندبرابر انرژی مکانیکی نوسانگر B است؟ ← $\frac{E_A}{E_B} = ?$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $E = \frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲$ باید نسبت $\frac{E_A}{E_B}$ را به دست آوریم.

برای این منظور باید نسبت‌های $\frac{A_A}{A_B}$ و $\frac{\omega_A}{\omega_B}$ را محاسبه کنیم؛ باتوجه‌به نمودار داریم:



$$\begin{cases} A_A = ۱۰cm \\ A_B = ۲cm \end{cases} \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = ۵$$

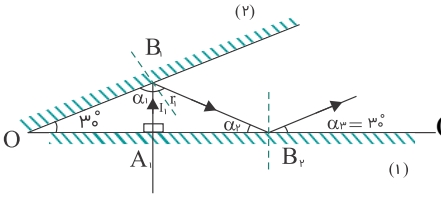
$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{\frac{۲\pi}{T_A}}{\frac{۲\pi}{T_B}} = \frac{T_B}{T_A} = \frac{۱}{۴}$$

درنتیجه نسبت $\frac{E_A}{E_B}$ برابر است با:

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{۱}{۲}m_A\omega_A^۲A_A^۲}{\frac{۱}{۲}m_B\omega_B^۲A_B^۲} = \frac{m_A}{۵m_A} \times \left(\frac{۱}{۴}\right)^۲ \times (۵)^۲ = \frac{۵}{۱۶}$$

۱۳۸ گزینه ۲

باتوجه‌به زوایای داخلی مثلث $\overset{\Delta}{OB_1A_1}$، α_1 را محاسبه می‌کنیم:



$$\overset{\Delta}{OB_1A_1} \Rightarrow \hat{\alpha}_1 + ۳۰ + ۹۰ = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\alpha}_1 = ۶۰^\circ$$

$\hat{\alpha}_1$ متمم زاویهٔ تابش $\hat{i}_1$ است، بنابراین زاویهٔ تابش برابر است با:

$$\hat{\alpha}_1 + \hat{i}_1 = ۹۰ \Rightarrow ۶۰ + \hat{i}_1 = ۹۰ \Rightarrow \hat{i}_1 = ۳۰^\circ$$

زوایای تابش و بازتاب باهم برابرند، باتوجه‌به زوایای داخلی مثلث $\overset{\Delta}{A_1B_1B_2}$، $\hat{\alpha}_2$ به دست می‌آید:

$$\begin{cases} \overset{\Delta}{A_1B_1B_2} \\ \hat{i}_1 = \hat{r}_1 = ۳۰^\circ \end{cases} \Rightarrow ۹۰ + \hat{i}_1 + \hat{r}_1 + \hat{\alpha}_2 = ۱۸۰ \Rightarrow ۹۰ + ۳۰ + ۳۰ + \hat{\alpha}_2 = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\alpha}_2 = ۳۰^\circ$$

ازآنجاکه زوایای متممِ زاویه‌های تابش و بازتاب باهم برابرند، داریم:

$$\hat{\alpha}_3 = \hat{\alpha}_2 = ۳۰^\circ$$

پرتو بازتاب موازی با آینهٔ (۲) است، پس بازتاب دیگری نخواهیم داشت.
درنتیجه این نور با دو بار برخورد با آینه‌ها بازتاب خواهد شد.

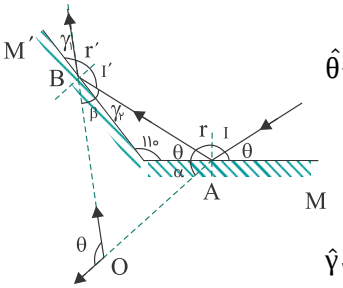
۱۳۹ گزینه ۴

گام اول

پرتو نور چند درجه نسبت به جهت اولیه SI منحرف می‌شود ← $\hat{\theta} = ?$

گام دوم

در بازتاب کلی، زاویهٔ فرودی و بازتاب باهم برابرند؛ بنابراین متمم آن‌ها نیز باهم برابر می شوند. درنتیجه:



$$\hat{\theta}_1 = \hat{\theta}_2, \quad \hat{\gamma}_1 = \hat{\gamma}_2$$

زوایای $\hat{\alpha}$ و $\hat{\theta}_1$ و همچنین $\hat{\gamma}_1$ و $\hat{\beta}$ باهم متقابل به رأس و برابرند.

با در نظر گرفتن زوایای مثلث $\overset{\Delta}{O''AB}$ داریم:

$$\hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2 + ۱۱۰ = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2 = ۷۰^\circ$$

در مثلث $\overset{\Delta}{OAB}$، زاویهٔ خارجی زاویهٔ $\hat{O}$ $(\hat{\theta})$ برابر مجموع دو زاویهٔ دیگر مثلث است.

$$\hat{\theta} = \hat{\beta} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2 + \hat{\alpha} \Rightarrow \hat{\theta} = ۲\hat{\gamma}_2 + ۲\hat{\theta}_2 \Rightarrow \hat{\theta} = ۲\left(\hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2\right) \Rightarrow \hat{\theta} = ۲ \times ۷۰ = ۱۴۰^\circ$$

۱۴۰ گزینه ۲

گام اول

الف) دامنه ارتعاشات یک موج صوتی ۲۰ درصد کاهش داده می‌شود. ← $\frac{A'}{A} = ۰/۸$

ب) در یک نقطه معین، تراز شدت صوت، چند دسی‌بل کاهش می‌یابد؟ ← $\Delta\beta = ?$

گام دوم

باتوجه‌به رابطهٔ شدت صوت داریم:

$$\frac{I'}{I} = (\frac{A'}{A})^{۲} = (\frac{۸}{۱۰})^{۲} = \frac{۶۴}{۱۰۰}$$

$$\Delta\beta = ۱۰\log\frac{I'}{I} = ۱۰\log\frac{۶۴}{۱۰۰} = ۱۰(\log ۶۴ - \log ۱۰۰)$$

$$= ۱۰(۶\log ۲ - ۲) = ۱۰(۶ \times ۰/۳ - ۲) = -۲\,db$$

۱۴۱ گزینه ۴

گام اول

الف) وزنهٔ ۵۰۰ گرمی ← $m = ۵۰۰g = ۰/۵kg$

ب) ثابت فنر ۲۰ نیوتون بر متر ← $k = ۲۰N/m$

ج) وزنه در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟ ← $t = ۶۰s\ ,\ n = ?$

گام دوم

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega^{۲} = \frac{k}{m}$$

$$\Rightarrow \omega^{۲} = \frac{۲۰}{۰/۵} \Rightarrow \omega^{۲} = ۴۰ \xrightarrow{\omega = ۲\pi f} ۴\pi^{۲}f^{۲} = ۴۰ \xrightarrow{\pi^{۲} = ۱۰} f^{۲} = ۱ \Rightarrow f = ۱Hz$$

تعداد نوسان‌های انجام‌شده در هر ثانیه بسامد (فرکانس) نامیده می‌شود، پس:

$$\text{تعداد نوسان‌های انجام‌شده در هر ثانیه}: n = ft \xrightarrow{f = ۱Hz\,,\,t = ۶۰s} n = ۱ \times ۶۰ = ۶۰ \text{ نوسان کامل}$$

۱۴۲ گزینه ۳

گام اول

الف) به ازای هر ۴ نوسان آونگ A، آونگ B، ۵ نوسان انجام می‌دهد ← $\frac{f_A}{f_B} = \frac{۴}{۵}$

ب) طول آونگ A چندبرابر آونگ B است؟ ← $\frac{l_A}{l_B} = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $T = \frac{۱}{f} = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$، نسبت طول آونگ A به طول آونگ B را به دست می‌آوریم:

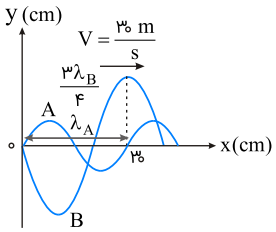
$$\begin{cases} \frac{۱}{f_A} = ۲\pi\sqrt{\frac{l_A}{g}} \\ \frac{۱}{f_B} = ۲\pi\sqrt{\frac{l_B}{g}} \end{cases} \xrightarrow{\div} \frac{f_B}{f_A} = \sqrt{\frac{l_A}{l_B}} \Rightarrow \frac{l_A}{l_B} = \left(\frac{f_B}{f_A}\right)^{۲} \Rightarrow \frac{l_A}{l_B} = \left(\frac{۵}{۴}\right)^{۲} = \frac{۲۵}{۱۶}$$

۱۴۳ گزینه ۴

باتوجه‌به شکل، طول موج هرکدام از موج‌های در حال انتشار A و B برابر است با:

$$\begin{cases} \lambda_A = ۳۰\,cm = ۰/۳m \\ \frac{۳\lambda_B}{۴} = ۳۰\,cm \Rightarrow \lambda_B = ۰/۴\,m \end{cases}$$

کافی است دورهٔ تناوب هر موج را به دست آورده تا درنهایت تعداد نوسانات هرکدام از موج‌ها در ۲۰ ثانیه محاسبه شود:



$$\lambda = vT \Rightarrow \begin{cases} \lambda_A = vT_A \Rightarrow ۰/۳ = ۳۰ \times T_A \Rightarrow T_A = ۰/۰۱s \\ \lambda_B = vT_B \Rightarrow ۰/۴ = ۳۰ \times T_B \Rightarrow T_B = \frac{۴}{۳۰۰}s \end{cases}$$

$$N = \frac{t}{T} \Rightarrow \begin{cases} N_A = \frac{t}{T_A} = \frac{۲۰}{۰/۰۱} = ۲۰۰۰ \\ N_B = \frac{t}{T_B} = \frac{۲۰}{\frac{۴}{۳۰۰}} = ۱۵۰۰ \end{cases} \Rightarrow N_A - N_B = ۲۰۰۰ - ۱۵۰۰ = ۵۰۰$$

۱۴۴ گزینه ۳

گام اول: با استفاده از رابطهٔ $T = \frac{t}{n}$، دورهٔ نوسان آونگ را قبل از تغییر طول به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$، طول اولیهٔ آونگ را به دست می‌آوریم:

$$T_۱ = \frac{t}{n_۱} = \frac{۷۲}{۴۰} = ۱/۸\,s$$

$$T_۱ = ۲\pi\sqrt{\frac{l_۱}{g}} \Rightarrow ۱/۸ = ۲\pi\sqrt{\frac{l_۱}{\pi^۲}} \Rightarrow l_۱ = ۰/۸۱\,m = ۸۱\,cm$$

گام دوم: گام اول را برای آونگ پس از تغییر طول می‌نویسیم تا طول ثانویهٔ آونگ به دست بیاید.

$$T_۲ = \frac{t}{n_۲} = \frac{۷۲}{۴۵} = ۱/۶\,s$$

$$T_۲ = ۲\pi\sqrt{\frac{l_۲}{g}} \Rightarrow ۱/۶ = ۲\pi\sqrt{\frac{l_۲}{\pi^۲}} \Rightarrow l_۲ = ۰/۶۴\,m = ۶۴\,cm$$

گام سوم: باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده، طول آونگ را باید $۱۷\,cm$ کاهش دهیم.

۱۴۵ گزینه ۲

در موج الکترومغناطیسی منتشرشده در خلأ، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی بر هم عمودند و در هر نقطه با یکدیگر هم‌فازند.

۱۴۶ گزینه ۲

رابطهٔ $E = \frac{hc}{\lambda}$ نشان می‌دهد، هرچه طول‌موج کوتاه‌تر باشد، انرژی موج بزرگ‌تر است؛ درنتیجه داریم:

$$\lambda_{\text{نور آبی}} < \lambda_{\text{نور قرمز}} < \lambda_{UHF} < \lambda_{VHF} \Rightarrow E_{\text{نور آبی}} > E_{\text{نور قرمز}} > E_{UHF} > E_{VHF}$$

۱۴۷ گزینه ۱

گام اول

الف) آونگ ساده‌ای به طول یک متر ← $l = ۱m$

ب) گلولهٔ آونگ در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟ ← $t = ۱min = ۶۰s \ : \ n = ?$

گام دوم

به کمک معادلهٔ $T = \frac{۱}{f} = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$، فرکانس را به دست آورده و با استفاده از رابطهٔ $n = ft$، تعداد نوسانات کامل آونگ را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} T = \frac{۱}{f} = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \\ g = \pi^۲ \end{cases} \Rightarrow \frac{۱}{f} = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{\pi^۲}} \Rightarrow f = ۰/۵Hz$$

$$n = ft = \frac{۱}{۲} \times ۶۰ = ۳۰ \ \text{نوسان کامل}$$

۱۴۸ گزینه ۴

گام اول

الف) دورهٔ آونگ ۳ ثانیه ← $T_۱ = ۳s$

ب) کاهش طول آونگ چه کسری از طول اولیهٔ آونگ باشد تا دورهٔ آن یک ثانیه شود؟ ← $\frac{\Delta l}{l_۱} = ? \ , \ T_۲ = ۱s$

گام دوم

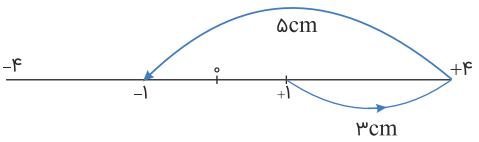
به کمک رابطهٔ $T = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$، نسبت $\frac{l_۲}{l_۱}$ را به دست می‌آوریم و درنهایت $\frac{\Delta l}{l_۱}$ را محاسبه کنیم:

$$\frac{T_۲}{T_۱} = \frac{۲\pi\sqrt{\frac{l_۲}{g}}}{۲\pi\sqrt{\frac{l_۱}{g}}} \Rightarrow \frac{۱}{۳} = \sqrt{\frac{l_۲}{l_۱}} \Rightarrow \frac{l_۲}{l_۱} = \frac{۱}{۹}$$

$$\frac{\Delta l}{l_۱} = \frac{l_۲ - l_۱}{l_۱} = \frac{l_۲}{l_۱} - ۱ = \frac{۱}{۹} - ۱ = -\frac{۸}{۹}$$

توجه: علامت منفی نشان‌دهندهٔ این است که طول آونگ باید کاهش یابد (همان‌طور که در مسئله گفته شده است).

۱۴۹ گزینه ۳



مسافت پیموده‌شده برابر با $۸\,cm$ است که همان طول پاره‌خط بوده که در نصف دوره طی می‌شود.

$$f = ۵Hz \ , \ T = \frac{۱}{۵}s$$

$$\Delta t = \frac{T}{۲} = ۰/۱s$$

۱۵۰ گزینه ۲

گام اول: باتوجه‌به نمودار طول‌موج را به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از رابطهٔ $\lambda = V.T$، دورهٔ نوسان موج که همان دورهٔ نوسان ذرات است را به دست می‌آوریم.

$$\frac{۳}{۲}\lambda = ۱۲۰\,cm \Rightarrow \lambda = ۸۰\,cm = ۰/۸\,m$$

$$\lambda = V.T \Rightarrow ۰/۸ = ۱۰ \times T \Rightarrow T = ۰/۰۸\,s$$

گام دوم: مدت‌زمان $\Delta t = ۰/۰۵ - ۰/۰۱ = ۰/۰۴\,s$ برابر با نصف دورهٔ نوسان است و هر ذره از محیط که در آن موج منتشر شده است در این مدت مسافتی به‌اندازهٔ ۲ برابر دامنهٔ نوسان را طی می‌کند؛ پس مسافت طی‌شده توسط ذرهٔ M نیز در این مدت برابر با $l = ۲A = ۲ \times ۳ = ۶\,cm$ است.

۱۵۱ گزینه ۴

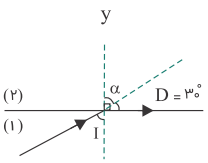
گام اول

الف) پرتو نور ۳۰ درجه منحرف می‌شود ← $\hat{D} = ۳۰^\circ$

ب) سرعت نور در محیط ۲ چند برابر سرعت نور در محیط ۱ است ← $\frac{v_۲}{v_۱} = ?$

گام دوم

ابتدا زاویهٔ $\hat{i}$ را به دست می‌آوریم، زاویهٔ $\hat{i}$ با $\hat{\alpha}$ متقابل به رأس است، بنابراین:



$$\begin{cases} \hat{\alpha} = ۹۰ - \hat{D} \\ \hat{i} = \hat{\alpha} \end{cases} \Rightarrow \hat{i} = ۹۰ - \hat{D} \Rightarrow \hat{i} = ۶۰^\circ$$

ادامهٔ پاسخ را به دو روش داریم:

راه‌حل اول:

طبق قانون شکست عمومی داریم:

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\sin\hat{\alpha}}{\sin\hat{i}} \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\sin ۹۰^\circ}{\sin ۶۰^\circ} \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{۱}{\frac{\sqrt{۳}}{۲}} = \frac{۲}{\sqrt{۳}} = \frac{۲\sqrt{۳}}{۳}$$

راه‌حل دوم:

از تعریف ضریب شکست داریم:

$$n = \frac{c}{v} \xrightarrow[\text{v: سرعت نور در محیط}]{\text{c: سرعت نور در خلأ و ثابت}} n_۱ v_۱ = n_۲ v_۲ \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{n_۱}{n_۲}$$

بنابراین کافی است نسبت $\frac{n_۱}{n_۲}$ را به دست بیاوریم.

بنابراین نسبت $\frac{n_۱}{n_۲}$ با توجه به قانون اسنل برابر است با:

$$n_۱ \sin\hat{i} = n_۲ \sin ۹۰^\circ \Rightarrow \frac{n_۱}{n_۲} = \frac{۲}{\sqrt{۳}} \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{۲}{\sqrt{۳}} = \frac{۲\sqrt{۳}}{۳}$$

۱۵۲ گزینه ۳

گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۳۷ دسی‌بل $\leftarrow$ $\beta = ۳۷dB = ۳/۷B$

ب) شدت صوت مبنا برابر با $۱۰^{-۱۲}W/m^۲$ $\leftarrow$ $I_۰ = ۱۰^{-۱۲}W/m^۲$

ج) شدت صوت ؟ $\leftarrow$ $I = ?$

گام دوم

با استفاده از معادلهٔ $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_۰} \\ \log ۵ = ۰/۷ \Rightarrow ۱۰^{۰/۷} = ۵ \end{cases} \Rightarrow ۳/۷ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^{۳/۷} = ۱۰^{-۱۲} \times ۱۰^{۳} \times ۱۰^{۰/۷} = ۵ \times ۱۰^{-۹} W/m^۲$$

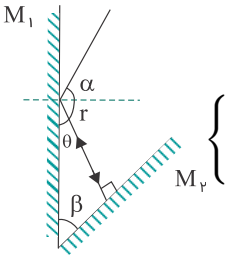
۱۵۳ گزینه ۱

گام اول

پرتو بازتاب به‌صورت قائم به آینهٔ $M_۲$ می‌تابد $\leftarrow$ $\hat{\theta} + \hat{\beta} = ۹۰$

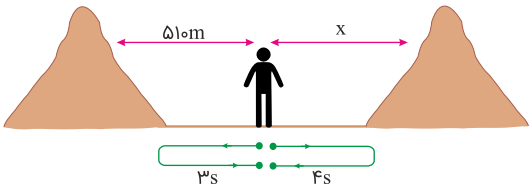
گام دوم

در بازتاب پرتو از آینهٔ تخت، زاویهٔ تابش و بازتاب باهم برابرند$(\hat{\alpha} = \hat{r})$، بنابراین:



$$\begin{cases} \hat{\theta} + \hat{\beta} = ۹۰ \\ \hat{\theta} = ۹۰ - \hat{r} \end{cases} \Rightarrow ۹۰ - r + \hat{\beta} = ۹۰ \Rightarrow \hat{\beta} - \hat{\alpha} = ۰ \Rightarrow \hat{\beta} = \hat{\alpha}$$

۱۵۴ گزینه ۲



$$\frac{۵۱۰\,m}{۱/۵\,s} = \frac{x\,(m)}{۲\,s} \Rightarrow x = ۶۸۰\,m$$

فاصله دو صخره $= ۵۱۰ + ۶۸۰ = ۱۱۹۰\,m$

۱۵۵ گزینه ۳

باتوجه‌به اینکه در هر دوره نوسانگر ۲ بار تغییر جهت می‌دهد، در هر نصف دوره یک‌بار تغییر جهت می‌دهد. کافی است مشخص کنیم Δt با T چه رابطه‌ای دارد.

$$\Delta t = t_۲ - t_۱ = \frac{۹}{۴} s$$

$$\lambda = vT \Rightarrow T = \frac{۱۰}{۲۰} = \frac{۱}{۲} s \Rightarrow \frac{T}{۲} = \frac{۱}{۴} s$$

$$\frac{\Delta t}{\frac{T}{۲}} = \frac{\frac{۹}{۴}}{\frac{۱}{۴}} = ۹ \Rightarrow \text{۹ بار تغییر جهت}$$

۱۵۶ گزینه ۴

$$۲\lambda = ۲ \Rightarrow \lambda = ۱ m$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۱} = ۳ \times ۱۰^۸ Hz$$

۱۵۷ گزینه ۱

$$\lambda = \frac{V}{f} \rightarrow V = \lambda f$$

$$V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \rightarrow \lambda f = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

$$\frac{۲}{۱۰} \times ۶۰۰ = \sqrt{\frac{۳۶}{۱۰^۴ \times A}} \Rightarrow A = \frac{۱}{۴} \times ۱۰^{-۶} m^۲$$

$$A = \frac{۱}{۴} \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^۶ = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵ mm^۲$$

۱۵۸ گزینه ۳

گام اول

الف) صفحهٔ حساسی به مساحت $۳cm^۲$ ← $A = ۳cm^۲ = ۳ \times ۱۰^{-۴} m^۲$

ب) در مدت ۵ ثانیه، $۱/۵ \times ۱۰^{-۱۱} J$ انرژی صوتی به صفحه می‌رسد ← $t = ۵s \ , \ E = ۱/۵ \times ۱۰^{-۱۱} J$

ج) شدت صوت در این صفحه چند میکروات بر مترمربع است؟ ← $I = ? \ (\mu W / m^۲)$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $I = \frac{E}{A.t}$، شدت صوت را در صفحه محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{E}{A.t} = \frac{۱/۵ \times ۱۰^{-۱۱}}{۳ \times ۱۰^{-۴} \times ۵} = ۱۰^{-۸} W/m^۲ = ۰/۰۱ \mu W/m^۲$$

۱۵۹ گزینه ۳

گام اول

الف) بین دو نقطهٔ M و N نوسان می‌کند و در هر ۰/۴ ثانیه ۲ نوسان کامل انجام می‌دهد

$\leftarrow T = ۰/۲s \Rightarrow ۲ = \frac{۰/۴}{T} \Rightarrow$ تعداد نوسان $= \frac{t}{T}$

ب) اگر بیشینهٔ شتاب نوسان $۲۰\,m/s^۲$ باشد $\leftarrow a_{max} = ۲۰\,m/s^۲$

ج) فاصلهٔ MN چند سانتی‌متر است؟ $\leftarrow MN = ۲A = ?\,(cm)$

گام دوم

با استفاده از قانون دوم نیوتن و باتوجه‌به نیروی کشسانی فنر داریم:

$$\begin{cases} F = -kx \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow -kx = ma \xrightarrow{k=m\omega^۲} -m\omega^۲x = ma$$

$$\Rightarrow a = -\omega^۲x \Rightarrow a_{max} = \omega^۲A$$

با استفاده از رابطهٔ $\omega = \frac{۲\pi}{T}$ و $a_{max} = A\omega^۲$ دامنهٔ نوسانات را به دست آورده و درنهایت فاصلهٔ MN را محاسبه می‌کنیم:

$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۰/۲} = ۱۰\pi\,rad/s$$

$$a_{max} = A\omega^۲ \Rightarrow ۲۰ = A \times ۱۰۰\pi^۲ \xrightarrow{\pi^۲=۱۰} A = ۰/۰۲\,m = ۲\,cm$$

$$MN = ۲A = ۲ \times ۲ = ۴\,cm$$

۱۶۰ گزینه ۳

گام اول

الف) بسامد موج رادیویی ۱۲۰۰ کیلوهرتز $\leftarrow f = ۱۲۰۰\,kHz = ۱۲ \times ۱۰^۵\,Hz$

ب) طول موج آن چند متر است؟ $\leftarrow \lambda = ?$

گام دوم

امواج رادیویی از امواج الکترومغناطیسی محسوب می‌شوند، بنابراین طبق رابطهٔ $\lambda = \frac{c}{f}$ داریم:

$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ c = ۳ \times ۱۰^۸\,m/s \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۱۲ \times ۱۰^۵} = ۲۵۰\,m$$

۱۶۱ گزینه ۱

گام اول

طول نخ آونگ ساده‌ای را نصف می‌کنیم $\leftarrow l_۲ = \frac{l_۱}{۲}$

گام دوم

به کمک رابطهٔ $T = \frac{۱}{f} = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ نسبت دورهٔ حالت دوم به دورهٔ حالت اول را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{T_۲}{T_۱} = \frac{۲\pi\sqrt{\frac{l_۲}{g}}}{۲\pi\sqrt{\frac{l_۱}{g}}} = \sqrt{\frac{l_۲}{l_۱}} = \sqrt{\frac{\frac{۱}{۲}l_۱}{l_۱}} = \frac{\sqrt{۲}}{۲}$$

۱۶۲ گزینه ۴

$$\begin{cases} E = K + U \\ K = U \end{cases}$$

$$\Rightarrow E = ۲K \Rightarrow ۲\pi^۲ \cancel{m} A^۲ f^۲ = ۲ \times (\frac{۱}{۲}\cancel{m} v^۲)$$
$$\Rightarrow ۲\pi^۲ (۵)^۲ (۱۰)^{۱۰} = v^۲ \Rightarrow v = ۵۰\pi\sqrt{۲}\,cm/s$$

۱۶۳ گزینه ۱

گام اول

الف) امواج صوتی با تراز شدت صوت ۸۰ دسی‌بل ← $\beta = ۸۰\,dB = ۸B$

ب) مساحت پردهٔ گوش شخص، ۶×۱۰^{-۵} متر مربع ← $A = ۶ \times ۱۰^{-۵} m^۲$

ج) در مدت ۳ دقیقه ← $t = ۳\,min = ۱۸۰\,s$

د) چند ژول انرژی صوتی به گوش شخص می‌رسد؟ ← $E = ?$

گام دوم

ابتدا به کمک معادلهٔ $\beta = \log \frac{I}{I_۰}$ ، شدت صوت را محاسبه کرده و در رابطهٔ $I = \frac{P}{A} = \frac{E}{A.t}$ جایگذاری می‌کنیم تا انرژی صوتی به دست آید:

$$\begin{cases} \beta = \log \dfrac{I}{I_۰} \\ I_۰ = ۱۰^{-۱۲} W/m^۲ \end{cases} \Rightarrow ۸ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۰^۸ \Rightarrow I = ۱۰^{-۴} W/m^۲$$

$$I = \frac{E}{A.t} \Rightarrow ۱۰^{-۴} = \frac{E}{۶ \times ۱۰^{-۵} \times ۱۸۰} \Rightarrow E = ۱/۰۸ \times ۱۰^{-۶} J$$

۱۶۴ گزینه ۳

گام اول

الف) تراز شدت صوتی از ۲۷dB به ۴۷dB افزایش یابد ← $\beta_۲ - \beta_۱ = ۴۷ - ۲۷ = ۲۰dB$

ب) شدت صوت آن نسبت به حالت قبل چندبرابر شده؟ ← $\frac{I_۲}{I_۱} = ?$

گام دوم

با استفاده از رابطهٔ $\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱}$ (برحسب دسی‌بل)، نسبت $\frac{I_۲}{I_۱}$ را به دست می‌آوریم:

$$\beta_۲ - \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow ۲۰ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۱} \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = ۱۰۰$$

۱۶۵ گزینه ۳

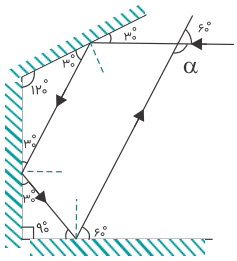
سرعت موج عرض سینوسی از رابطهٔ $v = \lambda f$ و بیشینهٔ سرعت ذرات طناب از رابطهٔ $v' = A\omega$ به دست می‌آید؛ بنابراین داریم:

$$\frac{v}{v'} = \frac{\lambda f}{A\omega} = \frac{\lambda f}{A \times ۲\pi f} = \frac{\lambda}{۲\pi A}$$

۱۶۶ گزینه ۲

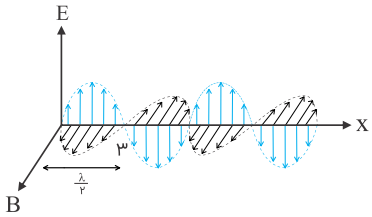
باتوجه‌به اینکه زاویهٔ تابش و بازتابش متمم هم هستند، زوایای شکل را مشخص می‌کنیم.

درنهایت $\alpha + ۶۰^\circ = ۱۸۰^\circ$ است؛ پس $\alpha = ۱۲۰^\circ$ می‌باشد.



۱۶۷ گزینه ۳

باتوجه‌به شکل طول موج را به دست می‌آوریم و با استفاده از رابطهٔ $\lambda = \frac{c}{f}$، بسامد موج (برحسب مگاهرتز) را محاسبه می‌کنیم:



$$\frac{\lambda}{۲} = ۳ \Rightarrow \lambda = ۶\,\mathrm{m}$$

$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ \lambda = ۶\,\mathrm{m} \\ c = ۳ \times ۱۰^{۸}\,\mathrm{m/s} \end{cases} \Rightarrow ۶ = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{f} \Rightarrow f = ۵ \times ۱۰^{۷}\,\mathrm{Hz} = ۵۰\,\mathrm{MHz}$$

۱۶۸ گزینه ۳

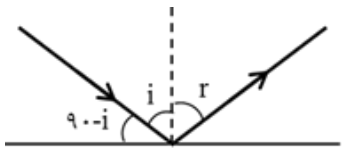
گام اول

الف) زاویهٔ بین پرتو تابش و بازتاب، چهار برابر زاویه‌ای است که پرتو تابش با آینه می‌سازد. $\leftarrow \hat{i} + \hat{r} = ۴(۹۰ - \hat{i})$

ب) زاویهٔ تابش چند درجه است؟ $\leftarrow \hat{i} = ?$

گام دوم

با توجه به قانون بازتاب داریم:



$$\begin{cases} \hat{i} + \hat{r} = ۴(۹۰ - \hat{i}) \\ \hat{i} = \hat{r} \end{cases} \Rightarrow ۲\hat{i} = ۴(۹۰ - \hat{i}) \Rightarrow \quad \hat{i} = ۱۸۰ - ۲\hat{i} \Rightarrow ۳\hat{i} = ۱۸۰ \Rightarrow \hat{i} = ۶۰^\circ$$

۱۶۹ گزینه ۳

گام اول

الف) نوسانگری به جرم ۱۰۰ گرم ← $m = ۱۰۰g = ۰/۱kg$

ب) روی پاره‌خطی به طول ۲۰cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد ← $A = \frac{۲۰}{۲} = ۱۰cm = ۰/۱m$

ج) در مدت $\frac{۱}{۴}$ ثانیه از مرکز نوسان به انتهای مسیر می‌رسد ← $\frac{T}{۴} = \frac{۱}{۴} \Rightarrow T = ۱s$

د) انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان، چند میلی‌ژول است؟ ← $K_{max} = ?\,(mJ)$

گام دوم

ابتدا با استفاده از رابطهٔ $\omega = \frac{۲\pi}{T}$، بسامد زاویه‌ای را به دست آورده و درنهایت به کمک رابطه‌های $v_{max} = A\omega$ و $K_{max} = \frac{۱}{۲}mv_{max}^۲$، انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان را محاسبه می‌کنیم:

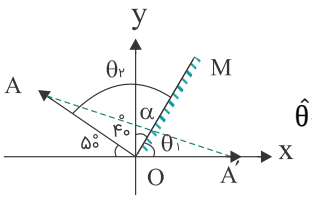
$$\omega = \frac{۲\pi}{T} = \frac{۲\pi}{۱} = ۲\pi\ rad/s$$

$$K_{max} = \frac{۱}{۲}mv_{max}^۲ = \frac{۱}{۲}mA^۲\omega^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times (۰/۱)^۲ \times (۲\pi)^۲$$

$$= \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times ۰/۰۱ \times ۴ \times ۱۰ = ۰/۰۲J = ۲۰mJ$$

۱۷۰ گزینه ۱

زاویه‌ای که جسم با آینه می‌سازد، با زاویه‌ای که تصویر با آینه می‌سازد برابر است؛ بنابراین:



$$\hat{\theta}_۱ = \hat{\theta}_۲$$

ازآنجاکه مجموع زوایای $\hat{\theta}_۱$ و $\hat{\theta}_۲$ مکمل زاویهٔ ۵۰° است، $\hat{\theta}_۲$ برابر است با:

$$\hat{\theta}_۱ + \hat{\theta}_۲ + ۵۰ = ۱۸۰ \Rightarrow ۲\hat{\theta}_۲ + ۵۰ = ۱۸۰ \ \Rightarrow\ \hat{\theta}_۲ = ۶۵^\circ$$

حالا می‌توانیم $\hat{\alpha}$ را محاسبه کنیم.

$$\hat{\theta}_۲ = \hat{\alpha} + ۴۰ \Rightarrow\ ۶۵ = \hat{\alpha} + ۴۰\ \Rightarrow\ \hat{\alpha} = ۲۵^\circ$$

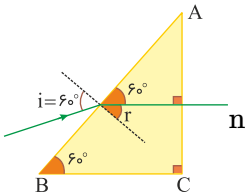
۱۷۱ گزینه ۳

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{۲۵۰}{۴ \times ۱۰^{-۳}}} = ۲۵۰\,m/s$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{۲۵۰}{۳۱۲/۵} = ۰/۸\,m$$

۱۷۲ گزینه ۳

باتوجه‌به شکل و استفاده از قانون اسنل می‌توان نوشت:



$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin ۶۰}{\sin ۳۰} = \frac{\frac{\sqrt{۳}}{۲}}{\frac{۱}{۲}} = \sqrt{۳}$$

۱۷۳ گزینه ۴

با توجه به نمودار:

$$\left.\begin{array}{l} \frac{۳}{۲}\lambda = ۰/۱۵ \Rightarrow \lambda = ۰/۱\,m \\ v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{۸۰}{۰/۲}} = ۲۰\,m/s \end{array}\right\} \Rightarrow \lambda = vT \Rightarrow ۰/۱ = ۲۰ \times T \Rightarrow T = \frac{۱}{۲۰۰}\,s$$

مدت‌زمان $t = \frac{۱}{۱۰۰}\,s$ برابر ۲ دوره نوسان است:

$$\frac{t}{T} = \frac{۰/۰۱}{\frac{۱}{۲۰۰}} = ۲$$

در هر دوره مسافت طی شده توسط هر ذره $۴\,A$ و در دو دوره $۸\,A$ است:

$$\ell = ۸\,A = ۸ \times ۲ = ۱۶\,cm$$

۱۷۴ گزینه ۴

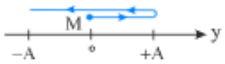
$$E = \frac{۱}{۲}mv_m^۲ = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱ \times (۴\pi)^۲ \times ۱۰^{-۴}$$
$$\Rightarrow E = ۰/۸\pi^۲ \times ۱۰^{-۴}\,J = ۰/۸\pi^۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰^۳ = ۰/۰۸\,\pi^۲\,mJ$$

۱۷۵ گزینه ۴

راه‌حل اول:

باتوجه‌به جهت حرکت موج، مطابق شکل زیر، نقطهٔ M ابتدا به $+A$ رفته، سپس به نقطهٔ تعادل برمی‌گردد و درنهایت به نقطهٔ $-A$ می‌رود؛ بنابراین جابه‌جایی آن برابر با $\Delta x = -A$ است.

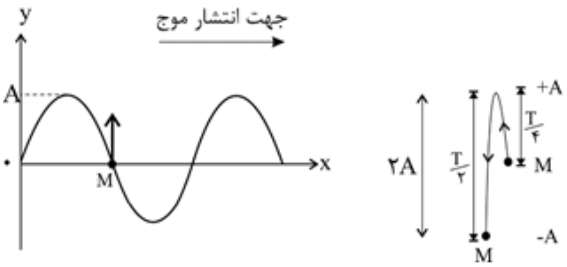
برای مسافت طی‌شده توسط ذره در بازهٔ زمانی صفر تا $\frac{۳T}{۴}$ داریم:



$$L = v\Delta t \xrightarrow{v=\frac{\lambda}{T}\,,\,\Delta t=\frac{۳T}{۴}} L = \frac{۳\lambda}{۴}$$

راه‌حل دوم:

فاز اولیهٔ نقطهٔ M برابر با صفر است و بعد از $t = \frac{۳}{۴}T$، در فاز $\frac{۳\pi}{۲}$ قرار می‌گیرد؛ بنابراین شکل نوسان آن به‌صورت زیر درمی‌آید:



باتوجه‌به شکل، جابه‌جایی ذرهٔ M برابر $-A$ است.

از طرفی موج $t = \frac{۳}{۴}T$ در حرکت بوده؛ پس موج در این مدت $\frac{۳}{۴}\lambda$ طی کرده است.

۱۷۶ گزینه ۱

گام اول

الف) در لحظه‌ای‌که انرژی پتانسیل ۸ برابر انرژی جنبشی است $\leftarrow$ $U = ۸K$

ب) سرعت نوسانگر $۲m/s$ است $\leftarrow$ $v = ۲m/s$

گام دوم

به کمک معادله‌های $E = K + U$ و $E = U_{max}$، بیشینهٔ سرعت را می‌یابیم:

$$E = U + K = K + ۸K = ۹K$$

$$\begin{cases} E = ۹K \\ K = \frac{۱}{۲}mv^۲ \end{cases} \Rightarrow E = ۹ \times \frac{۱}{۲}m(۲)^۲ = ۱۸m \qquad (*)$$

$$\begin{cases} E = U_{max} = \frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲ \\ v_{max} = A\omega \end{cases} \xrightarrow{(*)} \frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲ = ۱۸m \Rightarrow v_{max}^۲ = ۳۶ \Rightarrow |v_{max}| = ۶m/s$$