

گزینه ۱

گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۶۶ دسی بل  $\leftarrow \beta = 66 \text{ dB} = 6/6 \text{ B}$   
 ب) شدت صوت؟  $\leftarrow I = ?$

گام دوم

با استفاده از معادله  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ ، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \\ \log 2 = 0/3 \Rightarrow 10^{0/3} = 2 \end{cases} \Rightarrow 6/6 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-12} \times 10^{6/6} = 10^{-12} \times 10^6 \times (10^{0/3})^2 = 4 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

گزینه ۴

گام اول

الف) شدت دو صوت، ۱۰۰ و ۵۰۰ میکرووات بر سانتی‌متر مربع  $\leftarrow \begin{cases} I_1 = 100 \mu \text{ W/cm}^2 = 1 \text{ W/m}^2 \\ I_2 = 500 \mu \text{ W/cm}^2 = 5 \text{ W/m}^2 \end{cases}$   
 ب) تراز شدت صدای بلندتر، چند دسی بل بیشتر از تراز شدت صوت دیگر است؟  $\leftarrow \beta_2 - \beta_1 = ? (\text{dB})$

گام دوم

با استفاده از معادله  $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$  (برحسب دسی بل) مقدار  $\beta_2 - \beta_1$  را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} - 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 (\log I_2 - \log I_0 - \log I_1 + \log I_0) \\ \log 2 = 0/3 \Rightarrow \log 5 = 0/7 \end{cases}$$

$$= 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log \frac{5}{1} = 10 \times 0/7 = 7 \text{ dB}$$

## گام اول

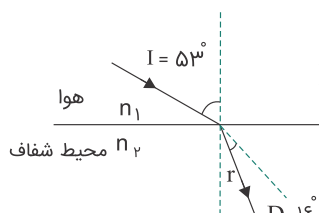
الف) پرتو نور تحت زاویه  $53^\circ$  از هوا وارد محیط شفاف می‌شود.  $\hat{i} = 53^\circ \leftarrow$

ب)  $16^\circ$  منحرف می‌شود  $\leftarrow \hat{D} = 16^\circ$

ج) ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟  $\leftarrow n_2 = ?$

## گام دوم

ابتدا باید زاویه شکست در محیط شفاف را محاسبه کنیم:

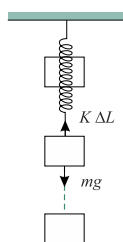


$$\hat{D} = \hat{i} - \hat{r} = 16^\circ \Rightarrow 53^\circ - \hat{r} = 16^\circ \Rightarrow \hat{r} = 37^\circ$$

حال می‌توانیم ضریب شکست ماده شفاف را به دست آوریم:

$$n_2 = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} \Rightarrow n_2 = \frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{3}$$

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:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{0.1}{10}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{100}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{10} = \frac{\pi}{5} \text{ s}$$

$$\left. \begin{array}{l} E = K + U \\ K = U \end{array} \right\} \Rightarrow E = 2K$$

$$\left. \begin{array}{l} K = \frac{E}{2} = \frac{\lambda}{2} mJ = 9 \times 10^{-3} \text{ J} \\ K = \frac{1}{2} mv^2 \end{array} \right\} \Rightarrow 9 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 10^{-1} \times v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{2}{10} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{2}}{5} \text{ m/s}$$

گام اول

الف) نیروی کشش تار  $F_1 = 128 \text{ N} \leftarrow 128 \text{ N}$   
 ب) سرعت انتشار امواج عرضی در آن  $v_1 = 160 \text{ m/s} \leftarrow 160 \text{ m/s}$   
 ج) نیروی کشش تار را چند نیوتن افزایش دهیم  $\Delta F = ? \leftarrow$   
 د) تا سرعت انتشار موج در آن  $200 \text{ m/s}$  شود  $v_2 = 200 \text{ m/s} \leftarrow$

گام دوم

با استفاده از رابطه  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ ، نسبت  $\frac{v_2}{v_1}$  را نوشته، نیروی ثانویه را به دست آورده و در نهایت میزان افزایش نیرو ( $\Delta F$ ) را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{F_2}{\mu}}}{\sqrt{\frac{F_1}{\mu}}} \Rightarrow \frac{200}{160} = \sqrt{\frac{F_2}{128}} \Rightarrow F_2 = 200 \text{ N}$$

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 200 - 128 = 72 \text{ N}$$

هنگامی که نوسانگر تغییر جهت می‌دهد، شتاب بیشینه است:

$$a_{\max} = 0.1 \pi^2 \text{ m/s}^2$$

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

$$v_{\max} = 0.2 \pi \text{ m/s}$$

$$|a| = |-\omega^2 x| \Rightarrow a = \omega^2 x$$

$$\omega = \frac{a_{\max}}{v_{\max}} = \frac{0.1 \pi^2}{0.2 \pi} = 0.5 \pi \text{ rad/s}$$

$$a = (0.5 \pi)^2 \times 1 \times 10^{-2} \Rightarrow a = 0.16 \pi^2 \text{ m/s}^2$$

## گام اول

الف) موج عرضی با بسامد  $۲/۵$  هرتز  $\leftarrow f = ۲/۵ \text{ Hz}$

ب) با سرعت  $۰/۵ \text{ m/s}$  منتشر می‌شود  $\leftarrow v = ۰/۵ \text{ m/s}$

ج) فاصله بین دو قله متوالی موج چند سانتی‌متر است؟  $\leftarrow \lambda = ? (\text{cm})$

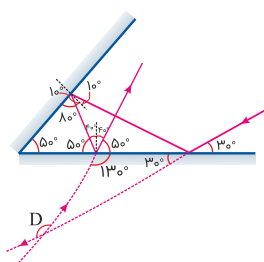
## گام دوم

باتوجه به اینکه فاصله بین دو قله متوالی، همان طول موج است، از رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$  برای محاسبه طول موج استفاده می‌کنیم:

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

$$D = ۱۳۰ + ۳۰ = ۱۶۰^\circ$$

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



## گام اول

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

ب) چگالی آن  $\text{kg/cm}^3 = ۸۰۰۰ \text{ kg/m}^3 \leftarrow \rho = ۸ \text{ g/cm}^3$

ج) طول آن  $۸۰ \text{ cm} \leftarrow \Delta x = 1 = ۸۰ \text{ cm} = ۰/۸ \text{ m}$

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

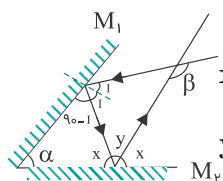
هـ) نیروی کشش سیم چند نیوتن است؟  $\leftarrow F = ?$

## گام دوم

ابتدا با استفاده از رابطه  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ، سرعت را به دست آورده و در نهایت به کمک معادله  $v = \sqrt{\frac{F \cdot l}{m}}$ ، نیروی کشش سیم را محاسبه می‌کنیم:

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

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot l}{m}} \Rightarrow F = v^2 \times \frac{m}{l} \xrightarrow{m=\rho \cdot V = \rho \cdot A \cdot l} F = \frac{v^2 \cdot \rho \cdot A \cdot l}{l} = v^2 \cdot \rho \cdot A \xrightarrow{A=\pi r^2} F = ۱۶۰۰ \times ۸۰۰۰ \times ۳ \times \frac{۱۰^{-۶}}{۴} = ۹/۶ \text{ N}$$



$$x + \alpha + 90^\circ - i = 180^\circ \Rightarrow x = 90^\circ + i - \alpha \quad (1)$$

$$y = 180^\circ - 2x \xrightarrow{(1)} y = 180^\circ - 2(90^\circ + i - \alpha) \Rightarrow y = -2i + 2\alpha \quad (2)$$

$$\beta = 2i + y \xrightarrow{(2)} \beta = 2i - 2i + 2\alpha \Rightarrow \beta = 2\alpha$$

بنابراین، زاویه  $\beta$  فقط به مقدار  $\alpha$  بستگی دارد.

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

$$\begin{cases} v_{\text{بآ}} = \frac{c}{n} \\ n = \frac{c}{v} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow v_{\text{بآ}} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{5}} = \frac{9 \times 10^8}{4} \text{ m/s}$$

حالا می‌توانیم مدت زمان رفت را محاسبه کنیم:

$$\begin{cases} t_{AB} = \frac{\Delta x_{AB}}{v_{\text{هوا}}} \\ \Delta x_{AB} = 9 \text{ m} \\ v_{\text{هوا}} = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow t_{AB} = \frac{\Delta x_{AB}}{v_{\text{هوا}}} = \frac{9}{3 \times 10^8} = 3 \times 10^{-8} \text{ s}$$

$$\begin{cases} t_{BC} = \frac{\Delta x_{BC}}{v_{\text{بآ}}} \\ \Delta x_{BC} = 4/5 \text{ m} \end{cases} \Rightarrow t_{BC} = \frac{4/5}{\frac{9}{4} \times 10^8} = 2 \times 10^{-8} \text{ s}$$

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

$$t_{\text{رفت و برگشت}} = 2 \times (t_{BC} + t_{BA}) = 2 \times (3 \times 10^{-8} + 2 \times 10^{-8}) = 10^{-7} \text{ s}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{v_1}{\frac{v_1}{3} v_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \sin \theta_2 = 0/6 \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ$$

$$\frac{v_2}{v_3} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3} \Rightarrow \frac{v_2}{1/4 v_3} = \frac{\sin \theta_2}{\sin 45^\circ} \Rightarrow \theta_3 = 30^\circ$$

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{n_2}{n_3} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{1}{0/6} = \frac{5}{6}$$

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

الف) دامنه حرکت وزنه- فنر  $\Delta cm \leftarrow 5cm$   $A = 5cm = 0.05m$

ب) جرم وزنه  $200g = 0.2kg$   $m = 200g$  گرم  $\leftarrow$

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

د) انرژی کل نوسانگر؟  $E = ?$

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

$$E = U_{max} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times (0.05)^2 = 0.25J$$

گام اول: ابتدا با استفاده از رابطه  $\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$ ، 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 رابطه  $\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$ ، نسبت  $\frac{d_2}{d_1}$  را به دست می‌آوریم:

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

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.

$$v_m = A\omega = A \frac{2\pi}{T} = 2 \times 10^{-2} \frac{2\pi}{0.2} = \frac{\pi}{5} m/s$$

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

## گام اول

الف) انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر در یک لحظه معین به ترتیب برابر  $0/12J$  و  $0/06J$  است  $\leftarrow U = 0/06J$  ,  $K = 0/12J$

ب) جرم نوسانگر  $10g \leftarrow m = 10g = 0/01kg$

ج) دامنه حرکت  $4cm \leftarrow A = 4cm = 0/04m$

## گام دوم

ابتدا انرژی کل نوسانگر را محاسبه کرده و سپس با استفاده از رابطه‌های  $E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2$  و  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ، دوره حرکت را به دست می‌آوریم:

$$E = K + U = 0/12 + 0/06J = 0/18J$$

$$\begin{cases} E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{cases} \Rightarrow \frac{18}{100} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{100} \times \left(\frac{4}{100}\right)^2 \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \Rightarrow T^2 = \frac{16\pi^2}{90000} \Rightarrow T = \frac{4\pi}{300} = \frac{\pi}{75}s$$

## گام اول

الف) تراز شدت صوتی  $76dB$  دسی‌بل  $\leftarrow \beta = 76dB = 7/6 B$

ب) شدت صوت؟  $\leftarrow I = ?$

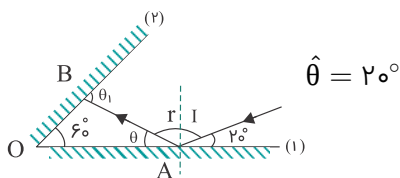
## گام دوم

با استفاده از معادله  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ ، شدت صوت را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = 10^{-6} W/m^2 = 10^{-12} W/m^2 \Rightarrow 7/6 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-12} \times 10^{7/6} \\ \log 2 = 0/3 \Rightarrow 10^{0/3} = 2 \end{cases}$$

$$= 10^{-4/6} = 10^{-5} \times 10^{0/6} = 10^{-5} \times (10^{2 \times 0/3}) = 10^{-5} \times (10^{2 \log 2}) = 10^{-5} \times (10^{\log 2^2}) = 10^{-5} \times 2^2 = 4 \times 10^{-5} W/m^2$$

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



حال باتوجه به زوایای داخلی مثلث  $OBA^{\Delta}$  می‌توانیم زاویه برخورد با سطح آینه ۲ را حساب کنیم:

$$OBA^{\Delta} \Rightarrow 60 + \hat{\theta} + (180 - \hat{\theta}_1) = 180 \Rightarrow \hat{\theta}_1 = 80^{\circ}$$

گام اول: برای هر دو حالت رابطه  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  را به صورت نسبتی استفاده می‌کنیم تا  $m$  به دست بیاید.

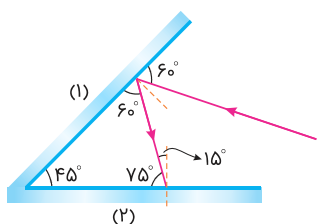
$$\begin{aligned}\frac{T_2}{T_1} &= \sqrt{\frac{m_2}{m_1} \times \frac{k_1}{k_2}} \\ \Rightarrow \frac{0.09\pi}{0.1\pi} &= \sqrt{\frac{m - 190}{m} \times 1} \Rightarrow \frac{9}{10} = \sqrt{\frac{m - 190}{m}} \\ \Rightarrow \frac{81}{100} &= \frac{m - 190}{m} \Rightarrow m = 1000 \text{ g}\end{aligned}$$

گام دوم: رابطه  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  را برای حالت اول می‌نویسیم تا  $k$  به دست بیاید.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow 0.1\pi = 2\pi\sqrt{\frac{1}{k}} \Rightarrow \sqrt{k} = 20 \Rightarrow k = 400 \text{ N/m}$$

$k$  را به  $\text{N/cm}$  تبدیل می‌کنیم:

$$k = 400 \text{ N/m} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 4 \text{ N/cm}$$



باتوجه به شکل زیر زاویه تابش روی آینه دوم  $15^\circ$  است؛ بنابراین:  $i = r = 15^\circ$

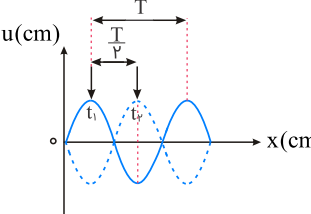
باتوجه به این نکته که در لحظه عبور از نقطه تعادل، سرعت بیشینه است و انرژی جنبشی در این نقطه برابر انرژی کل نوسانگر است، داریم:

$$\begin{cases} E = K_{\max} \\ K_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = E \Rightarrow v_{\max} = \left(\frac{2E}{m}\right)^{\frac{1}{2}}$$

باند AM در گستره بسامدی ۵۴۰ تا ۱۶۰۰ کیلوهرتز و باند FM در گستره بسامدی ۸۸ تا ۱۰۸ مگاهرتز است. در نتیجه موج رادیویی AM بسامد کوتاه‌تر و طول موج بلندتری دارد  $(\lambda \propto \frac{1}{f})$ .



مطابق شکل‌های الف و ب، اختلاف زمانی بین  $t_1$  و  $t_2$  برابر است با  $\frac{T}{\nu}$ ؛ بنابراین با استفاده از رابطه  $T = \frac{1}{f}$ ، دوره را محاسبه کرده و در نهایت مقدار  $\Delta t$  را به دست می‌آوریم:



$$\begin{cases} T = \frac{1}{f} \\ f = 50 \text{ Hz} \end{cases} \Rightarrow T = \frac{1}{50} \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{T}{\nu} = \frac{\frac{1}{50}}{2} = 0.01 \text{ s} = 10^{-2} \text{ s}$$

در موج‌های الکترومغناطیسی، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی هم‌فازند، بنابراین طول موج، فاصله دو نقطه هم‌فاز متوالی از موج است. پس گزینه "۴" غلط است.

گام اول

الف) سرعت انتشار موج عرضی در تار  $100 \text{ m/s}$  ←  $v_1 = 100 \text{ m/s}$   
 ب) نیروی کشش تار را چند درصد افزایش دهیم؟ ←  $\frac{\Delta F}{F_1} \times 100 = ?$   
 ج) تا سرعت انتشار موج در آن به  $110 \text{ m/s}$  برسد ←  $v_2 = 110 \text{ m/s}$

گام دوم

ابتدا با استفاده از رابطه  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ ، نسبت  $\frac{v_2}{v_1}$  را به دست آورده، سپس درصد افزایش نیرو را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{F_2}{\mu}}}{\sqrt{\frac{F_1}{\mu}}} \Rightarrow \frac{110}{100} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = 1.21$$

$$\frac{\Delta F}{F_1} \times 100 = \left( \frac{F_2 - F_1}{F_1} \right) \times 100 = \left( \frac{F_2}{F_1} - 1 \right) \times 100 = (1.21 - 1) \times 100 = 21\%$$

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.

سرعت انتشار در خلأ و قانون‌های حاکم بر گستره امواج الکترومغناطیسی از وجوه مشترک به حساب می‌آیند.

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

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{5 \times 10^2}{1}} = 10\sqrt{5} \text{ rad/s}$$

گام دوم: انرژی مکانیکی نوسانگر که همان انرژی جنبشی بیشینه نوسانگر است را از رابطه  $E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2$  به دست می‌آوریم:

$$E = \frac{1}{2}mA^2\omega^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times (4 \times 10^{-2})^2 \times (10\sqrt{5})^2 = 0.4 \text{ J}$$

گام سوم: طبق پایستگی انرژی، انرژی جنبشی نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر که  $U = 0.2 \text{ J}$  است را به دست می‌آوریم:

$$E = U + K \Rightarrow 0.4 = 0.2 + K \Rightarrow K = 0.2 \text{ J}$$

گام چهارم: با استفاده از رابطه  $K = \frac{1}{2}mv^2$ ، تندی نوسانگر را به دست می‌آوریم:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 0.2 = \frac{1}{2} \times 1 \times v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{4}{10}} = \frac{2\sqrt{10}}{10} \text{ m/s}$$

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

$$v = \frac{2\sqrt{10}}{10} \text{ m/s} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 20\sqrt{10} \text{ cm/s}$$

## گام اول

الف) طول موج نور نارنجی در هوا  $6 \times 10^{-7} \text{ m} \leftarrow 6 \times 10^{-7} \text{ m}$

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

ج) ضریب شکست آب  $\frac{4}{3}$ ،  $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  در هوا  $\leftarrow v_{\text{هوا}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ،  $n_{\text{آب}} = \frac{4}{3}$

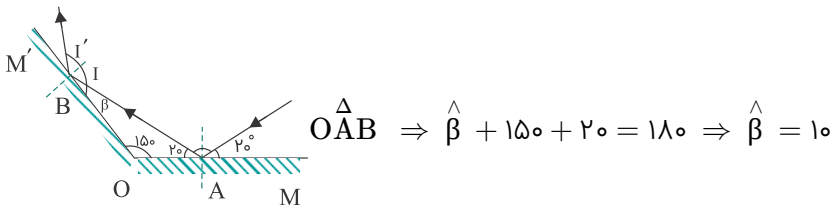
## گام دوم

باتوجه به اینکه بسامد موج از منبع تولید می‌شود، شرایط محیطی تأثیری در آن ندارد؛ پس  $f_{\text{آب}} = f_{\text{هوا}}$ . در نتیجه با استفاده از معادله  $\lambda = \frac{v}{f}$ ،

بسامد نور نارنجی را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 6 \times 10^{-7} = \frac{3 \times 10^8}{f} \Rightarrow f = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

طبق قوانین بازتابش پرتو از آینه تخت زوایای تابش و بازتاب و همچنین زوایای متمم آن‌ها با هم برابر هستند حال با توجه به زوایای داخلی مثلث  $OAB$  می‌توانیم زاویه تابش پرتو تابیده شده به آینه  $M'$  را به دست بیاوریم.



بنابراین زاویه تابش برابر است با:

$$\hat{i} = 90 - \hat{\beta} = 90 - 10 = 80^\circ$$

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

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}m(2\pi f)^2 A^2$$

$$\Rightarrow E = \frac{1}{2}m \times 4\pi^2 f^2 A^2$$

$$\Rightarrow 40 = \frac{1}{2} \times 0.05 \times 4 \times 10 \times f^2 (8 \times 10^{-2})^2 \Rightarrow f = 25 \text{ Hz}$$

گام اول

$$\beta = 12 \text{ dB} = 1/2 \text{ B} \leftarrow \text{الف) تراز شدت صوت } 12 \text{ دسی بل}$$

$$\text{ب) شدت صوت؟} \leftarrow I = ?$$

گام دوم

به کمک معادله  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ ، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \\ \log 2 = 0.3 \Rightarrow 10^{0.3} = 2 \end{cases} \Rightarrow 1/2 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 10^{1/2} = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-12} \times 10^{0.3} = 10^{-11.7} \text{ W/m}^2$$

$$\Rightarrow I = 10^{-12} \times (10^{0.3})^4 = (2)^4 \times 10^{-12} = 1/6 \times 10^{-11} \text{ W/m}^2$$

پرتو نور از محیط ۱ وارد محیط ۲ شده و به خط عمود نزدیک شده است، بنابراین  $n_1 < n_2$  است، با عبور پرتو از محیط ۲ به محیط ۳، از خط عمود دور شده است، بنابراین  $n_3 < n_2$  است؛ پس ضریب شکست  $n_2$  از  $n_1$  و  $n_3$  بیشتر است. حال باید ضریب شکست  $n_1$  و  $n_3$  را با هم مقایسه کنیم. می‌توانیم محیط  $n_2$  را در نظر نگیریم و زاویه‌ای که پرتو با خط عمود در محیط  $n_1$  و  $n_3$  ساخته را با هم مقایسه کنیم. در محیط  $n_1$  نسبت به محیط  $n_3$  پرتو از خط عمود دورتر شده است؛ بنابراین  $n_3 > n_1$  است، پس:  $n_3 < n_2 < n_1$

الف) دوره نوسان آونگ ساده‌ای در یک مکان معین، برابر ۲ ثانیه است.  $T_1 = 2 \text{ s}$  ←

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

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

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

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

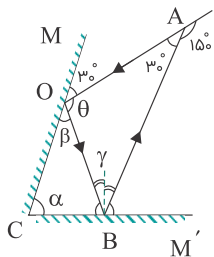
$$T_1 = \frac{156}{N} \Rightarrow 2 = \frac{156}{N} \Rightarrow N = 78 \text{ نوسان کامل}$$

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

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \Rightarrow \frac{2/6}{2} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 1/3 \times 1/3 \Rightarrow L_2 = 1/9 L_1$$

بنابراین طول آونگ را باید ۶۹٪ افزایش دهیم.

زاویه 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  $\triangle OAB$  داریم:

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

زاویه تابش و بازتاب باهم برابرند، پس زاویه  $\hat{T}$  برابر می‌شود با:

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

به کمک زوایای داخلی مثلث  $\triangle OBC$ ،  $\hat{\alpha}$  محاسبه می‌گردد:

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

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

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{\ell'}{\ell}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \sqrt{\frac{\ell'}{\ell}} \Rightarrow \frac{\ell'}{\ell} = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow \ell' = \frac{1}{4}\ell$$

بنابراین طول آونگ باید به اندازه  $\frac{3}{4}$  طول اولیه کاهش یابد.

$$\Delta\ell = \ell' - \ell = -\frac{3}{4}\ell = -\frac{3}{4} \times 80 = -60 \text{ cm}$$

طول موج B دو برابر طول موج A است.  
باتوجه به اینکه دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند، سرعت انتشارشان مساوی است.

$$\lambda_B = 2\lambda_A \xrightarrow{\lambda=vT, v_A=v_B} T_B = 2T_A \Rightarrow \frac{T_A}{T_B} = \frac{1}{2}$$

## گام اول

الف) وزنه ۴۰۰ گرمی  $\leftarrow m_1 = 400g = 0.4 \text{ kg}$   
 ب) وزنه چند گرمی به وزنه قبل اضافه کنیم؟  $\leftarrow m_2 = 0.4 + m$  ,  $m = ?(g)$   
 ج) تا دوره نوسانات ۱/۵ برابر شود  $\leftarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{3}{2}$

## گام دوم

با استفاده از رابطه  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ ، نسبت  $\frac{T_2}{T_1}$  را نوشته و جرم m را حساب می‌کنیم:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k}}}{2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}} \Rightarrow \frac{3}{2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{9}{4}$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{9}{4} \Rightarrow \frac{9}{4} = \frac{0.4 + m}{0.4} \Rightarrow m + 0.4 = 0.9 \Rightarrow m = 0.5 \text{ kg} \Rightarrow m = 500g$$

## گام اول

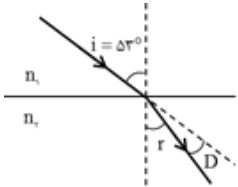
الف) پرتو نور با زاویه تابش  $53^\circ \leftarrow i = 53^\circ$

ب)  $16^\circ \leftarrow D$  درجه منحرف می‌شود

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

## 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:



$$\hat{i} = \hat{D} + \hat{r} \Rightarrow \hat{r} = \hat{i} - \hat{D} \Rightarrow \hat{r} = 53^\circ - 16^\circ = 37^\circ$$

$$\begin{cases} n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \\ n_1 = 1 \end{cases} \Rightarrow n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = n_2 \sin 37^\circ \Rightarrow n_2 = \frac{4}{3}$$

$$\begin{cases} v = \frac{c}{n_2} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow v = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{3}} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

## گام اول

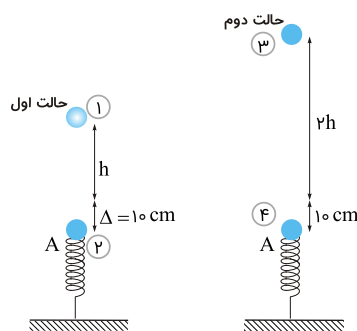
الف) موج رادیویی با بسامد ۳۰۰ مگاهرتز  $300 \text{ MHz} = 3 \times 10^8 \text{ Hz} \leftarrow f$

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

## گام دوم

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

$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^8} = 1 \text{ m}$$



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

$$E_1 = E_2 \Rightarrow U_{g1} + \cancel{K_1} = \cancel{U_{g2}} + \cancel{K_2} + U_{e2}$$

$$\Rightarrow mg(h + 0.1) = \frac{1}{2}k\Delta l^2$$

$$\xrightarrow[m=0.2 \text{ kg}]{K=440 \text{ N/m}} 0.2 \times 10(h + 0.1) = \frac{1}{2} \times 440 \times (0.1)^2$$

$$\Rightarrow 2h + 0.2 = 2/2$$

$$\Rightarrow 2h = 2 \Rightarrow h = 1 \text{ m}$$

در حالت دوم داریم:

$$E_3 = E_2 \Rightarrow U_{g3} + \cancel{K_3} = \cancel{U_{g2}} + K_2 + U_{e2}$$

$$\Rightarrow mg(2h + 0.1) = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{1}{2}k\Delta l^2$$

$$\Rightarrow 0.2 \times 10(2 \times 1 + 0.1) = \frac{1}{2} \times 0.2 \times v_2^2 + 2/2$$

$$\Rightarrow v_2^2 = 20 \Rightarrow v_2 = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$$

گام اول

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

ب)  $\frac{3}{4}$  جرم وزنه، کنده و جدا می‌شود  $\leftarrow m_2 = \frac{1}{4}m_1$

گام دوم

باتوجه به اینکه در انتهای مسیر  $E = U_{\max} = \frac{1}{2}kA^2$  است (مستقل از جرم)، کاهش یا افزایش جرم در انرژی مکانیکی تأثیری ندارد. ( $E_1 = E_2$ )

$$E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{1}{2}kA_1^2 = \frac{1}{2}kA_2^2 \Rightarrow \frac{A_2}{A_1} = 1$$

اما با کاهش جرم، بسامد به صورت زیر تغییر می‌کند:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{f_2}{f_1} = \frac{\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_2}}}{\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m_1}}} = \frac{\sqrt{m_1}}{\sqrt{\frac{1}{4}m_1}} = 2$$

الف) موجی با بسامد ۱۰۰ مگاهرتز  $f = 100 \text{ MHz} = 10^8 \text{ Hz}$  ←  
 ب) چند ثانیه طول می‌کشد تا این موج فاصله  $300 \text{ km} = 3 \times 10^5 \text{ m}$  را طی کند؟  $\Delta x = 300 \text{ km} = 3 \times 10^5 \text{ m}, \Delta t = ?$

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

$$\begin{cases} v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \\ v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow 3 \times 10^8 = \frac{3 \times 10^5}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 10^{-3} \text{ s}$$

الف) شدت صوتی  $I = 3/2 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2 \leftarrow 3/2 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$   
 ب) تراز شدت صوت چند دسی‌بل است؟  $\beta = ? \text{ (dB)}$

با استفاده از رابطه  $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ ، تراز شدت صوت را برحسب دسی‌بل به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \Rightarrow \beta = 10 \log \frac{3/2 \times 10^{-2}}{10^{-12}} = 10(\log 10^8 + \log 3/2) = 10(8 + \log 3/2) = 10(8 + 5 \times 0/3) = 95 \text{ dB} \\ \log 2 = 0/3 \end{cases}$$

الف) در مدت ۰/۴ ثانیه به یک دیوار برخورد کرده و به محل چشمه برمی‌گردد  $t = 0/2 \text{ s}$  : زمان رسیدن موج به دیوار  
 ب) اگر بسامد چشمه صوت ۴۰ کیلوهرتز و طول موج  $8/75$  میلی‌متر باشد  
 $\lambda = 8/75 \text{ mm} = 8/75 \times 10^{-3} \text{ m}, f = 40 \text{ kHz} = 4 \times 10^4 \text{ Hz} \leftarrow$   
 ج) فاصله چشمه صوت تا دیوار چند متر است؟  $\Delta x = ?$

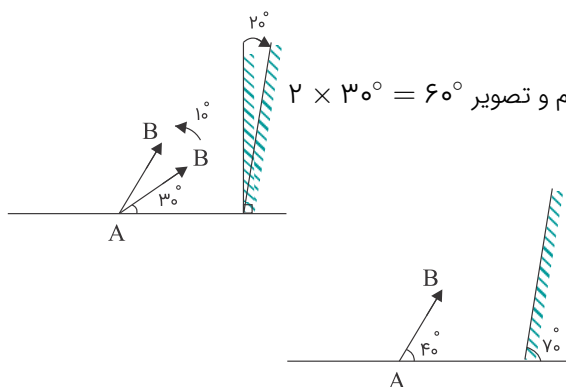
ابتدا به کمک رابطه  $v = \lambda f$ ، سرعت صوت را به دست آورده و سپس در رابطه  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  جایگذاری می‌کنیم تا فاصله مورد نظر را بیابیم:

$$\begin{aligned} v &= \lambda f = 8/75 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^4 = 350 \text{ m/s} \\ v &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 350 = \frac{\Delta x}{0/2} \Rightarrow \Delta x = 70 \text{ m} \end{aligned}$$





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



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

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2 \times 3} \sqrt{\frac{360}{0.4}} = 5 \text{ Hz}$$

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

الف) تراز شدت صوتی ۱۵ دسی‌بل است  $\leftarrow \beta = ۱۵ \text{ dB}$

ب) شدت این صوت، چندبرابر شدت صوت مبنا است؟  $\leftarrow \frac{I}{I_0} = ?$

باتوجه به رابطه  $\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_0}$  نسبت  $\frac{I}{I_0}$  را محاسبه می‌کنیم.

$$\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow ۱۵ = ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = ۱/۵$$

$$\xrightarrow{\log ۲ = ۰/۳} \log \frac{I}{I_0} = ۵ \times ۰/۳ = ۵ \times \log ۲$$

$$\Rightarrow \log \frac{I}{I_0} = \log ۲^۵ \Rightarrow \frac{I}{I_0} = ۳۲$$

## گام اول

الف) اگر بسامد موج A، چهار برابر بسامد موج B باشد  $f_A = 4f_B$  ←  
 ب) طول موج و سرعت انتشار موج A چند برابر طول موج و سرعت انتشار موج B است؟ ←  $\frac{v_A}{v_B} = ?$  ,  $\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = ?$

## گام دوم

باتوجه به اینکه هر دو موج در یک محیط کشسان منتشر می‌شوند، سرعت انتشارشان باهم برابر است؛ یعنی:  $\frac{v_A}{v_B} = 1$   
 برای به دست آوردن نسبت طول موج‌ها، کافی است از رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$  استفاده کنیم:

$$\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{\frac{v_A}{f_A}}{\frac{v_B}{f_B}} = \frac{f_B}{4f_B} = \frac{1}{4}$$

بنابراین گزینه ۱ صحیح است.

## گام اول

الف) اگر شدت صوت  $2\sqrt{10}$  برابر شود ←  $\frac{I_2}{I_1} = 2\sqrt{10}$   
 ب) تراز شدت صوت چگونه تغییر می‌کند؟ ←  $\Delta\beta = ?$

## گام دوم

با استفاده از معادله  $\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$  (برحسب دسی‌بل)، تغییرات تراز شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \\ \log 2 = 0.3 \end{cases} \Rightarrow \Delta\beta = 10 \log 2\sqrt{10}$$

$$= 10(\log 2 + \log 10^{\frac{1}{2}}) = 10(0.3 + 0.5) = 8 \text{ dB}$$

درنتیجه تراز شدت صوت ۸ دسی‌بل افزایش می‌یابد.

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

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow 0.6 \times 10^{-6} = \frac{3 \times 10^8}{f} \Rightarrow f = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda' = \frac{v}{f} \Rightarrow 0.45 \times 10^{-6} = \frac{v}{5 \times 10^{14}} \Rightarrow v = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

ابتدا باید زمان طی شده توسط پرتو را یکبار از A تا I و بار دیگر از I تا B به دست بیاوریم:  
قسمت AI :

$$v_1 = \frac{AI}{t_{AI}} \Rightarrow t_{AI} = \frac{L}{v_1}$$

قسمت IB : در اینجا ابتدا باید سرعت در این محیط ( $v_2$ ) را برحسب  $v_1$  به دست بیاوریم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow v_2 = \frac{n_1}{n_2} v_1$$

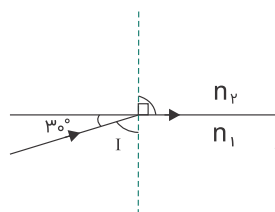
$$v_2 = \frac{IB}{t_{IB}} \Rightarrow t_{IB} = \frac{IB}{v_2} \Rightarrow t_{IB} = \frac{L n_2}{n_1 v_1}$$

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

$$t_{AB} = t_{AI} + t_{IB} \Rightarrow t_{AB} = \frac{L}{v_1} + \frac{L n_2}{n_1 v_1} = \frac{L}{v_1} \left( 1 + \frac{n_2}{n_1} \right)$$

زاویه بازتاب برابر با  $90^\circ$  است.

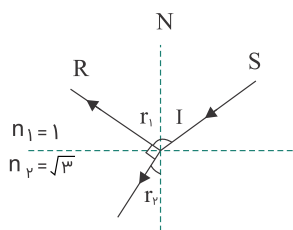
با توجه به شکل زاویه تابش را محاسبه می‌کنیم و برای محاسبه ضریب شکست  $n_2$  از قضیه اسنل استفاده می‌کنیم:



$$\hat{i} = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\begin{cases} n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \\ n_1 = \sqrt{3} \\ \hat{i} = 60^\circ, \hat{r} = 90^\circ \end{cases} \Rightarrow \sqrt{3} \sin 60^\circ = n_2 \sin 90^\circ \Rightarrow n_2 = \frac{3}{2}$$

طبق قانون بازتاب،  $\hat{r}_1 = \hat{i}$  است. با توجه به زوایای تشکیل دهنده یک نیم صفحه،  $\hat{r}_2$  را برحسب  $\hat{i}$  محاسبه می‌کنیم:



$$\hat{r}_1 + \hat{r}_2 + 90^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{r}_2 = 90^\circ - \hat{i}$$

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

$$\begin{cases} n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}_2 \\ n_1 = 1, n_2 = \sqrt{3} \end{cases} \Rightarrow \sin \hat{i} = \sqrt{3} \sin (90^\circ - \hat{i}) \Rightarrow \sin \hat{i} = \sqrt{3} \cos \hat{i} \Rightarrow \tan \hat{i} = \sqrt{3} \Rightarrow \hat{i} = 60^\circ$$

باتوجه به رابطه تراز شدت صوت داریم:

$$B = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 10 = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$\Rightarrow 1 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 1 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 10^1 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-11} \text{ W/m}^2$$

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

$$I = \frac{P}{A} \Rightarrow P = IA = 10^{-11} \times 4\pi r^2$$

$$P = 10^{-11} \times 4 \times 3 \times (20)^2 = 400 \times 12 \times 10^{-11} = 4800 \times 10^{-11} = 480 \times 10^{-9} \text{ W} = 480 \text{ mW}$$

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

$$\text{توان } 4\% \text{ کاهش یافته است} \Rightarrow \frac{P - P_0}{P_0} \times 100 = \frac{480 - 500}{500} \times 100 = -4\%$$

## گام اول

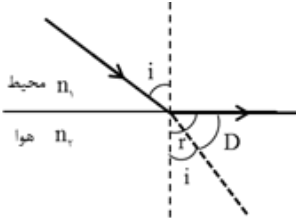
الف) سرعت نور در یک محیط شفاف نصف سرعت آن در هوا است  $\leftarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{2}$

ب) پرتو نوری با زاویه تابش  $30^\circ$  درجه  $\leftarrow i = 30^\circ$

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

## گام دوم

ابتدا باید ضریب شکست محیط را به دست بیاوریم:



$$\begin{cases} v_1 n_1 = v_2 n_2 \\ n_2 = 1 \\ v_1 = \frac{1}{2} v_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{2} \times v_2 \times n_1 = v_2 \times n_2 \Rightarrow n_1 = 2$$

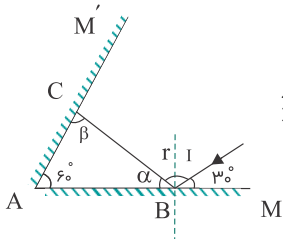
به کمک قانون اسنل، زاویه شکست را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} n_1 \sin i = n_2 \sin r \\ n_2 = 1 \\ i = 30^\circ \end{cases} \Rightarrow 2 \times \frac{1}{2} = 1 \times \sin r \Rightarrow \sin r = 1 \Rightarrow r = 90^\circ$$

بنابراین زاویه انحراف برابر است با:

$$D = r - i = 90 - 30 = 60^\circ$$

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



$$\hat{i} = 90 - 30 = 60^\circ \Rightarrow \hat{i} = \hat{r} = 60^\circ$$

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

$$\hat{\alpha} + \hat{r} + \hat{i} + 30^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{\alpha} = 30^\circ$$

با توجه به زوایای داخلی مثلث  $\triangle ABC$  می‌توانیم زاویه تابش پرتو به آینه  $M'$  را محاسبه کنیم:

$$\triangle ABC \Rightarrow \hat{\alpha} + \hat{\beta} + 60 = 180 \Rightarrow 30 + \hat{\beta} + 60 = 180 \Rightarrow \hat{\beta} = 90^\circ$$

$$\hat{i}' = \hat{\beta} - 90 \Rightarrow \hat{i}' = 0^\circ$$

$$A = \frac{\lambda}{v} = ۴ \text{ cm}$$

بیشترین جابه‌جایی نوسانگر وقتی است که در اطراف نقطه تعادل جابه‌جا شود و تغییر جهت ندهد. پس در  $\frac{1}{۴} T$  دوره، مطابق شکل زیر متحرک  $\frac{T}{\lambda}$  را قبل از نقطه تعادل و  $\frac{T}{\lambda}$  را بعد از نقطه تعادل سپری می‌کند:

باتوجه به معادله نوسانگر:

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

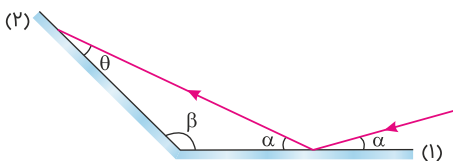
پس جابه‌جایی در  $\frac{T}{\lambda}$  برابر است با:

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

$$x_1 = x_۲ = x = \frac{\sqrt{۲}}{۲} A = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \times ۴ = ۲\sqrt{۲} \text{ cm}$$

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

$$\theta^\circ = 180 - (\beta + \alpha)$$



الف) در فاصله ۱۰ متری از یک منبع صوت  $r_1 = 10 \text{ m}$

ب) تراز شدت صوت ۲۰ دسی بل بیشتر از تراز شدت صوت آستانه دردناکی است  $\leftarrow \log \frac{I_1}{I_0} = 2 \Rightarrow \beta_1 = \beta_0 + 2 \Rightarrow \beta_1 - \beta_0 = 2 \Rightarrow \log \frac{I_1}{I_0} = 2$

ج) در فاصله چندمتری از این منبع صوت تراز شدت صوت ۲۰ دسی بل کمتر از تراز شدت صوت آستانه دردناکی است  $\leftarrow \beta_2 = \beta_0 - 2 \Rightarrow \beta_2 - \beta_0 = -2 \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_0} = -2, r_2 = ?$

با استفاده از داده‌های صورت سؤال داریم:

$$\begin{cases} \log \frac{I_1}{I_0} = 2 \\ \log \frac{I_2}{I_0} = -2 \end{cases} \Rightarrow \log \frac{I_1}{I_0} - \log \frac{I_2}{I_0} = 4$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_1}{I_2} = 4 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 10^4 \xrightarrow{\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2} \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = 10^4$$

$$\Rightarrow \frac{r_2}{10} = 100 \Rightarrow r_2 = 1000 \text{ m}$$

از معادله پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$E = K + U = K_{\max} \Rightarrow K + 0.4 = 0.4 \Rightarrow K = 0.4 \text{ mJ}$$

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

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{4}{10} \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 10^{-1} \times v^2$$

$$\Rightarrow v^2 = 80 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}^2 \Rightarrow v = 4\sqrt{5} \times 10^{-2} \text{ m/s} = 4\sqrt{5} \text{ cm/s}$$

$$A = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$$

$$f = \frac{150}{60} = 2.5 \text{ Hz} \Rightarrow \omega = 2\pi f = 5\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$v = 5\sqrt{2}\pi \text{ cm/s} = 5\sqrt{2}\pi \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

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

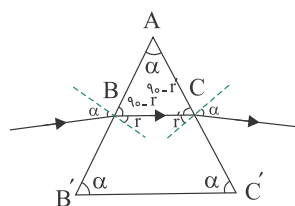
$$U = E - K = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v_m^2 - v^2)$$

$$U = \frac{1}{2} \times \frac{2}{100} \left( \frac{\pi^2}{100} - 25 \times 2\pi^2 \times 10^{-3} \right) \times 10^3 \Rightarrow U = 5 \text{ mJ}$$

تبدیل J به mJ  $\leftarrow 10^3 \times$



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



$$\begin{cases} n_1 \sin \hat{\alpha} = n_2 \sin \hat{r} \\ n_1 \sin \hat{\alpha} = n_2 \sin \hat{r}' \end{cases} \Rightarrow \sin \hat{r} = \sin \hat{r}' \Rightarrow \hat{r} = \hat{r}'$$

در مثلث  $\triangle ABC$  ( $\hat{\alpha} = 60^\circ$ ) داریم:

$$\triangle ABC \Rightarrow \hat{\alpha} + (90^\circ - \hat{r}) + (90^\circ - \hat{r}') = 180^\circ$$

$$\Rightarrow \hat{\alpha} = \hat{r} + \hat{r}' \Rightarrow \hat{\alpha} = 2\hat{r} \Rightarrow \hat{r} = 30^\circ$$

حال می‌توانیم  $n_2$  را با کمک قضیه اسنل (در نقطه B) به دست بیاوریم:

$$\begin{cases} \frac{\sin \hat{\alpha}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \\ n_1 = 1 \end{cases} \Rightarrow \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow n_2 = \sqrt{3}$$

## گام اول

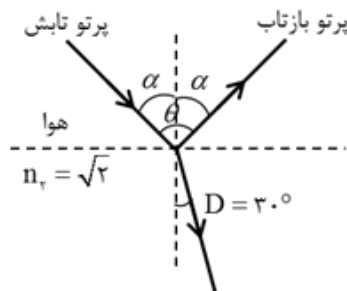
الف) ضریب شکست یک محیط شفاف نسبت به هوا  $\sqrt{2}$  است  $\leftarrow n_{\text{محیط}} = \sqrt{2}$

ب) اگر زاویه شکست  $30^\circ$  درجه باشد  $\leftarrow \hat{D} = 30^\circ$

ج) زاویه بین پرتو تابش و پرتو بازتابش چند درجه است  $\leftarrow \theta = ?$

## گام دوم

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



$$\begin{cases} n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{D} \\ n_1 = 1 \\ \hat{i} = \hat{\alpha} \end{cases} \Rightarrow 1 \sin \hat{\alpha} = \sqrt{2} \sin 30^\circ \Rightarrow \hat{\alpha} = 45^\circ$$

از آنجا که زاویه تابش و زاویه بازتاب باهم برابرند، زاویه بین پرتو تابش و پرتو بازتاب برابر است با:

$$\text{زاویه بین پرتو تابش و بازتاب} = 2\alpha = 90^\circ$$

## گام اول

الف) سیمی با چگالی  $1 \text{ g/cm}^3 \leftarrow \rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

ب) سطح مقطع یک میلی‌متر مربع  $\leftarrow A = 1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$

ج) با نیروی  $80 \text{ N}$  کشیده شده  $\leftarrow F = 80 \text{ N}$

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

## گام دوم

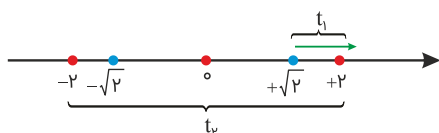
به کمک معادله‌های  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F \cdot l}{m}}$ ،  $\rho = \frac{m}{V_{\text{حجم}}}$  و  $V_{\text{حجم}} = A \cdot l$ ، سرعت انتشار موج عرضی در سیم را محاسبه می‌کنیم:

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

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

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}} = \sqrt{\frac{80}{1000 \times 10^{-6}}} = 100 \text{ m/s}$$

زمانی که طول می‌کشد تا نوسانگر از  $+\sqrt{2}A$  به  $A$  برسد برابر با  $\frac{T}{\lambda}$  است.



و زمانی که طول می‌کشد تا برای اولین بار از  $A$  به  $-\sqrt{2}A$  برسد،  $\frac{3T}{\lambda}$  است؛ پس کل زمان حرکت  $\frac{T}{\lambda} + \frac{3T}{\lambda} = \frac{4T}{\lambda}$  است.

$$f = \frac{1}{4} \text{ Hz} \Rightarrow T = 4 \text{ s} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{2} = 2 \text{ s}$$

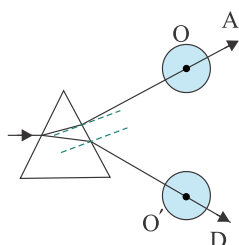
کل جابه‌جایی نوسانگر:

$$\Delta x = -\sqrt{2} - \sqrt{2} = -2\sqrt{2} \text{ cm}$$

حالا سرعت متوسط را محاسبه می‌کنیم:

$$v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_{av} = \frac{-2\sqrt{2}}{2} = -\sqrt{2} \text{ m/s} \Rightarrow |v_{av}| = \sqrt{2} \text{ m/s}$$

وقتی پرتو نور از محیط اول به صورت 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. از طرفی پرتو نور با عبور از محیط رقیق به غلیظ به خط عمود نزدیک می‌شود؛ پس باتوجه به شکل، در بخش اول که پرتو نور وارد منشور می‌شود مسیر پرتو  $D$  صحیح است.



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

گام اول

الف) اگر دامنه چشمه صوتی را چهار برابر کنیم  $\leftarrow \frac{A_2}{A_1} = 4$

ب) تراز شدت صوت  $1/3$  برابر می‌شود  $\leftarrow \frac{\beta_2}{\beta_1} = 1/3$

ج) تراز شدت صوت برای آن شنونده به چند دسی‌بل می‌رسد؟  $\leftarrow \beta_2 = ?$

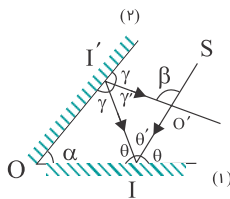
گام دوم

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

$$\begin{cases} \Delta\beta = \log \frac{I_2}{I_1} \\ \frac{I_2}{I_1} = \left( \frac{A_2}{A_1} \right)^2 \end{cases} \Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = \log 16 \Rightarrow \beta_2 - \frac{\beta_2}{1/3} = \log 16$$

$$\Rightarrow \frac{2}{3}\beta_2 = 4 \log 2 \Rightarrow \frac{2}{3}\beta_2 = 4 \times 0.3 \Rightarrow \beta_2 = 6 \text{ dB} = 52 \text{ dB}$$

در آینه‌های تخت زاویهٔ فرودی با زاویهٔ بازتاب باهم برابر هستند؛ بنابراین زاویه‌ای که پرتوهای تابش و بازتاب با آینه می‌سازند، نیز باهم برابرند. باتوجه به زوایای داخلی مثلث  $OII'$  داریم:



$$\Delta OII' \Rightarrow \hat{\alpha} + \hat{\gamma} + \hat{\theta} = 180 \Rightarrow \hat{\alpha} = 180 - (\hat{\gamma} + \hat{\theta})$$

در یک مثلث، زاویهٔ خارجی یک زاویه برابر است با مجموع دو زاویهٔ دیگر، بنابراین در مثلث  $O'I'I'$  داریم:

$$\begin{cases} \Delta O'I'I' \\ \hat{\gamma}' = 180 - 2\hat{\gamma} \Rightarrow \hat{\beta} = \hat{\gamma}' + \hat{\theta}' \Rightarrow \hat{\beta} = (180 - 2\hat{\gamma}) + (180 - 2\hat{\theta}) \Rightarrow \hat{\beta} = 360 - 2(\hat{\gamma} + \hat{\theta}) \Rightarrow \hat{\beta} = 2\hat{\alpha} \Rightarrow \frac{\hat{\beta}}{\hat{\alpha}} = 2 \\ \hat{\theta}' = 180 - 2\hat{\theta} \end{cases}$$

گام اول

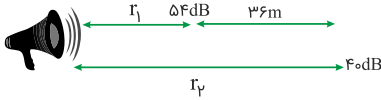
الف)  $x = 0.05 \sin 2\pi t$   $\leftarrow$  با مقایسهٔ این رابطه با معادلهٔ  $x = A \sin \omega t$  درمی‌یابیم:  $\omega = 2\pi \text{ rad/s}$  ,  $A = 0.05 \text{ m}$

ب) بیشینهٔ انرژی جنبشی  $6 \times 10^{-2} \text{ J} \leftarrow K_{\max} = 0.06 \text{ J}$

گام دوم

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

$$\begin{cases} K_{\max} = U_{\max} \\ U_{\max} = \frac{1}{2} k A^2 \end{cases} \Rightarrow \frac{6}{100} = \frac{1}{2} \times k \times \left( \frac{5}{100} \right)^2 \Rightarrow k = 48 \text{ N/m}$$



$$B_1 - B_2 = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \Rightarrow 54 - 40 = 10 \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \Rightarrow 1/4 = \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right)$$

$$\Rightarrow 2 - 0/4 = \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \Rightarrow \log 10^2 - 2 \log 2 = \log \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \Rightarrow \frac{10^2}{2^2} = \left( \frac{I_2}{I_1} \right) \Rightarrow r_2 = 5r_1 \quad (*)$$

$$r_2 - r_1 = 36 \xrightarrow{(*)} 5r_1 - r_1 = 36 \Rightarrow 4r_1 = 36 \Rightarrow r_1 = 9 \text{ m}$$

گزینه ۱

۷۹

باتوجه به رابطه  $I = \frac{P}{A} = \frac{E}{A \cdot t}$  و تعریف شدت صوت، گزینه "۱" صحیح است.

گزینه ۱

۸۰

باتوجه به 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:

$$f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3 \times 10^8}{0/6 \times 10^{-6}} = \frac{3 \times 10^8}{6 \times 10^{-7}} = \frac{1}{2} \times 10^{15} = 0/5 \times 10^{15} = 5 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

گزینه ۱

۸۱

گام اول: دوره تناوب موج را به دست می‌آوریم:

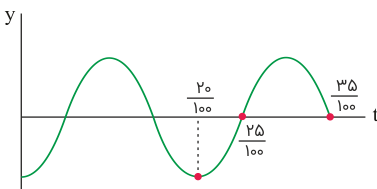
$$\lambda = v T \Rightarrow T = \frac{0/4}{2} = 0/2 \text{ s}$$

تا لحظه  $t_1 = 0/25 \text{ s}$  یعنی نقطه M یک نوسان کامل انجام می‌دهد. در مکان  $y = 0$  قرار دارد به طوری که حرکت آن روبه بالا است.

در لحظه  $t = 0/35$  نقطه M مجدداً در نقطه  $y = 0$  قرار دارد و حرکت آن روبه پایین است:

پس حرکت آن ابتدا کندشونده و سپس تندشونده بوده است.

(نمودار مکان- زمان حرکت ذره M را مشاهده می‌کنید)



گام اول

الف) تار به جرم  $۱۶۰\text{g} = ۰/۱۶\text{kg}$  ←ب) به طول  $۸۰\text{cm} = ۰/۸\text{m}$  ←ج) با نیروی کشش  $۲۰\text{N}$  ←د) سرعت انتشار امواج عرضی در تار چند متر بر ثانیه؟ ←  $v = ?$ 

گام دوم

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

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

گام اول

الف) فاصله بین دو قله متوالی  $۱۰\text{cm} = ۰/۱\text{m}$  ←ب) سرعت انتشار موج در محیط  $۵\text{m/s}$  ←ج) بسامد موج چند هرتز است؟ ←  $f = ?$ 

گام دوم

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

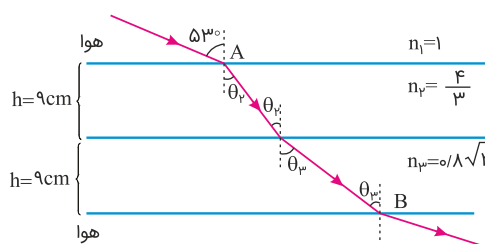
$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{۱}{۱۰} = \frac{۵}{f} \Rightarrow f = ۵۰\text{Hz}$$

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

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{n_1}{n_2} \times v_1 = \frac{1}{\frac{4}{3}} \times 3 \times 10^8 = \frac{9}{4} \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_3 = \frac{n_1}{n_3} \times v_1 = \frac{1}{\frac{4}{\omega} \sqrt{2}} \times 3 \times 10^8 = \frac{1\omega}{4\sqrt{2}} \times 10^8$$

گام دوم: زاویه‌های  $\theta_2$  و  $\theta_3$  را محاسبه می‌کنیم:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \frac{\lambda}{10} = \frac{4}{3} \times \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{6}{10} \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ$$

$$n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3 \Rightarrow \frac{4}{3} \times \frac{6}{10} = \frac{\lambda}{10} \sqrt{2} \sin \theta_3 \Rightarrow \sin \theta_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_3 = 45^\circ$$

گام سوم: به کمک زاویه‌های به دست آمده طول پاره‌های OA و OB را به دست می‌آوریم:

$$OA = \frac{h}{\cos \theta_2} = \frac{9}{\frac{4}{5}} = \frac{45}{4} \text{ cm}$$

$$OB = \frac{h}{\cos \theta_3} = \frac{9}{\frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{9\sqrt{2}}{2} \text{ cm}$$

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

$$\Delta t_2 = \frac{OA}{v_2} = \frac{\frac{45}{4} \times 10^{-2}}{\frac{9}{4} \times 10^8} = 5 \times 10^{-10} \text{ s} = 5/10 \text{ ns}$$

$$\Delta t_3 = \frac{OB}{v_3} = \frac{\frac{9\sqrt{2}}{2} \times 10^{-2}}{\frac{1\omega}{4\sqrt{2}} \times 10^8} = \frac{72}{1\omega} \times 10^{-10} = 4/1 \times 10^{-10} \text{ s} = 4/1 \text{ ns}$$

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

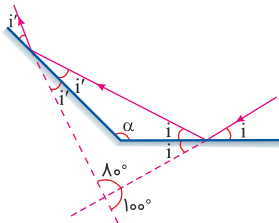
$$\Delta t = \Delta t_2 + \Delta t_3 = 5/10 + 4/1 = 9/1 \text{ ns}$$

الف) تراز شدت صوتی ۲۶ دسی بل  $\leftarrow \beta = 26 \text{ dB} = 2/6 \text{ B}$   
 ب) شدت صوت؟  $\leftarrow I = ?$

به کمک معادله  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ ، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \\ \log 2 = 0/3 \Rightarrow 10^{0/3} = 2 \end{cases} \Rightarrow 2/6 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-12} \times 10^{2/6} = 10^{-12} \times 10^2 \times (10^{0/3})^2 = 4 \times 10^{-10} \text{ W/m}^2$$

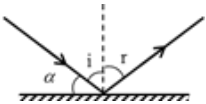
در مثلث بزرگ:



$$2i + 2i' + 180 = 180 \Rightarrow i + i' = 50^\circ$$

در مثلث کوچک:

$$i + i' + \alpha = 180 \Rightarrow 50 + \alpha = 180 \Rightarrow \alpha = 130^\circ$$



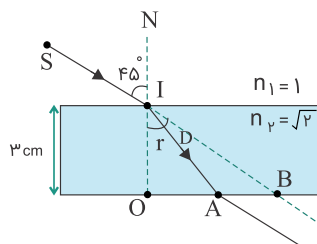
الف) زاویه بین راستای پرتو تابش و بازتابش در یک آینه تخت  $\frac{1}{2}$  زاویه بین پرتو تابش و سطح آینه است  $\leftarrow \hat{i} + \hat{r} = \frac{1}{2} \hat{\alpha}$   
 ب) زاویه تابش چند درجه است  $\leftarrow \hat{i} = ?$

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

$$\begin{cases} \hat{i} + \hat{r} = \frac{1}{2} \hat{\alpha} \\ \hat{\alpha} = 90 - \hat{i} \Rightarrow 2\hat{i} = 2\hat{r} = \frac{1}{2} (90 - \hat{r}) \Rightarrow 4\hat{r} = 90 - \hat{r} \Rightarrow 5\hat{r} = 90 \Rightarrow \hat{i} = \hat{r} = 18^\circ \\ \hat{i} = \hat{r} \end{cases}$$



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:

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

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

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

از آنجایی که  $\hat{i} = \hat{r} + \hat{D} = 45^\circ$  به دست می‌آید و در نهایت  $AB$  محاسبه می‌شود:

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

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

$$\begin{aligned} \beta_2 - \beta_1 &= 10 \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 \\ \Rightarrow 120 - 80 &= 10 \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 \Rightarrow 4 = \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 \Rightarrow \log 10^4 = \log \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2 \\ \Rightarrow 10^4 &= \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow 100 = \frac{20}{d_2} \Rightarrow d_2 = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

راه حل اول:

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

$$\begin{cases} \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} & (I) \\ \frac{v_3}{v_2} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_2} & (II) \end{cases} \xrightarrow{\text{رابطه (II) را بر (I) داریم}} \frac{v_3}{v_1} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1}$$

$$\Rightarrow \frac{v_3}{v_1} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} \Rightarrow \frac{v_3}{v_1} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

راه حل دوم:

نسبت سرعت نور در دو محیط متفاوت با عکس نسبت ضریب شکست آن دو محیط برابر است بنابراین:  $\frac{v_3}{v_1} = \frac{n_1}{n_3}$  کافی است نسبت  $\frac{n_1}{n_3}$  را به دست آوریم.  
به کمک قضیه اسنل  $(\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1})$ ، در دو حالت زیر داریم:  
وقتی پرتو از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شود:

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin 20^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$$

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

$$\frac{\sin 20^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{n_3}{n_2}$$

بنابراین نسبت  $n_1$  به  $n_3$  و در نهایت نسبت سرعت این دو محیط برابر است با:

$$\frac{n_2}{n_1} \times \frac{n_3}{n_2} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 20^\circ} \times \frac{\sin 20^\circ}{\sin 60^\circ} \Rightarrow \frac{n_1}{n_3} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{n_1}{n_3} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$

نکته:

سرعت در هر محیط با زاویه بین پرتو با خط عمود رابطه مستقیم دارد. باتوجه به اینکه این زاویه در محیط (۳) بزرگ‌تر از محیط (۲) است؛ بنابراین  $\frac{v_3}{v_1} > 1$  بوده و در نتیجه گزینه‌های "۱" و "۲" و "۴" نادرست‌اند.

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



الف) تراز شدت صوتی ۶۳ دسی بل  $\beta = 63 \text{ dB} = 6/3 \text{ B}$  ←  
 ب) شدت این صوت چندبرابر شدت صوت مبنا است؟  $\frac{I}{I_0} = ?$  ←

با استفاده از معادله  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$  نسبت  $\frac{I}{I_0}$  را می‌یابیم:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_0} \\ \log 2 = 0/3 \Rightarrow 10^{0/3} = 2 \end{cases} \Rightarrow 6/3 = \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^{6+0/3} = 10^6 \times 10^{0/3} = 2 \times 10^6$$

الف) اگر شدت صوتی  $\sqrt{10}$  برابر شود  $\frac{I_2}{I_1} = \sqrt{10}$  ←  
 ب) تراز شدت آن چگونه تغییر می‌کند؟  $\Delta\beta = ?$  ←

با استفاده از معادله  $\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$  (برحسب دسی بل) تغییرات تراز شدت را می‌یابیم:

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \Delta\beta = 10 \log \sqrt{10} = 10 \log (10)^{\frac{1}{2}} = +5 \text{ dB}$$

بنابراین تراز شدت صوت ۵ دسی بل افزایش می‌یابد.

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.

انرژی مکانیکی، مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل است.

$$E = K + U \Rightarrow 20 = K + 15 \Rightarrow K = 5 \text{ mJ}$$

رابطه انرژی جنبشی:

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 5 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times 100 \times 10^{-3} \times v^2 \Rightarrow 5 = 50 \times v^2 \Rightarrow v^2 = \frac{1}{10} \\ \Rightarrow v &= \frac{1}{\sqrt{10}} \text{ m/s} = \frac{\sqrt{10}}{10} \text{ m/s} = \frac{\sqrt{10}}{10} \times 100 \text{ cm/s} = 10\sqrt{10} \text{ cm/s} \end{aligned}$$

نیروی کشسانی فنر برابر با نیروی نوسان است.

$$kx = ma \Rightarrow k = \frac{ma}{x} = \frac{2 \times 4}{1 \times 10^{-2}} = 800 \text{ N/m}$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 12$$

$$10 \log \frac{I_2}{I_1} = 12 \Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = 12/10 = 1.2 = 0.3 \times 4$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_2}{I_1} = 4 \log 2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 2^4 = 16$$

باتوجه به رابطه‌های  $n_{\text{خلأ}} = \frac{v_{\text{محیط شفاف}}}{v_{\text{خلأ}}}$  و  $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$  داریم:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{v_{\text{خلأ}}}{v_{\text{محیط شفاف}}} = \frac{n_{\text{محیط شفاف}}}{n_{\text{خلأ}}} \\ n_{\text{محیط شفاف}} = \frac{4}{3}, n_{\text{خلأ}} = 1 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0} v_{\text{محیط شفاف}}} = \frac{4}{3} \Rightarrow v_{\text{محیط شفاف}} = \frac{3}{4 \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \\ v_{\text{خلأ}} = c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \end{array} \right.$$

## گام اول

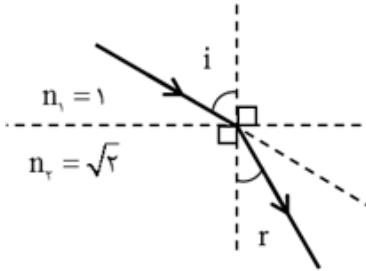
الف) از هوا به محیط شفاف به ضریب شکست  $\sqrt{2} \leftarrow \sqrt{2}$  ،  $n_1 = 1$  ،  $n_2 = \sqrt{2}$

ب) پرتو ورودی به اندازه  $15^\circ$  درجه منحرف شود  $\leftarrow D = \hat{i} - \hat{r} = 15^\circ$

ج) زاویه تابش چند درجه است؟  $\leftarrow \hat{i} = ?$

## گام دوم

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



$$D = \hat{i} - \hat{r} = 15^\circ \Rightarrow \hat{r} = \hat{i} - 15^\circ$$

$$\begin{cases} n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \\ n_1 = 1 \end{cases} \Rightarrow \sin \hat{i} = \sqrt{2} \sin (\hat{i} - 15^\circ)$$

که فقط به ازای  $\hat{i} = 45^\circ$  تساوی برقرار است.  
\* اثبات رابطه به دست آمده فوق:

$$\sin \hat{i} = \sqrt{2} \sin (\hat{i} - 15^\circ)$$

$$\sin \hat{i} = \sqrt{2} (\sin \hat{i} \cdot \cos 15^\circ - \sin 15^\circ \cdot \cos \hat{i})$$

از طرفی به جای  $15^\circ$  می‌توان  $30^\circ - 45^\circ$  را جایگذاری کرد، پس داریم:

$$\sin \hat{i} = \sqrt{2} (\sin \hat{i} \cdot \cos (45^\circ - 30^\circ) - \sin (45^\circ - 30^\circ) \cdot \cos \hat{i})$$

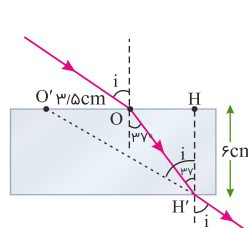
$$\sin \hat{i} = \sqrt{2} \left( \sin \hat{i} \cdot \left( \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4} \right) - \left( \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4} \right) \cdot \cos \hat{i} \right)$$

$$\sin \hat{i} = \left( \frac{\sqrt{12} + 2}{4} \right) \cdot \sin \hat{i} - \left( \frac{\sqrt{12} - 2}{4} \right) \cdot \cos \hat{i}$$

$$\left( \frac{\sqrt{12} - 2}{4} \right) \cdot \cos \hat{i} = \left( \frac{\sqrt{12} - 2}{4} \right) \cdot \sin \hat{i}$$

$$\sin \hat{i} = \cos \hat{i}$$

$$\hat{i} = 45^\circ$$



$$\Delta OHH' \Rightarrow \tan 37^\circ = \frac{OH}{HH'} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{OH}{6} \Rightarrow OH = 4.5 \text{ cm}$$

$$\Delta O'H H' \Rightarrow \tan i = \frac{O'H}{HH'} = \frac{3/5 + 4/5}{6} = \frac{1}{2} = \frac{3}{6} \Rightarrow i = 53^\circ$$

$$n_1 \sin i = n_2 \sin 37^\circ$$

$$\sin 53^\circ = n_2 \times 3/6 \Rightarrow 4/5 = n_2 \times 3/6 \Rightarrow n_2 = \frac{8}{9}$$

راه حل اول:

$$\frac{\lambda}{f} = 10\text{cm} = 0.1\text{m} \Rightarrow \lambda = 0.4\text{m}$$

مطابق شکل:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

باتوجه به رابطه داریم:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 10 = \frac{f}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{3 \times 0.4}{10} \text{ s} = \frac{3}{100} \text{ s}$$

راه حل دوم:

$$\frac{\lambda}{f} = 10\text{cm} = 0.1\text{m} \Rightarrow \lambda = 0.4\text{m}$$

مطابق شکل:

$$\begin{cases} f = \frac{v}{\lambda} \\ \omega = 2\pi f \end{cases} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi v}{\lambda} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi \times 10}{0.4} = 50\pi \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{50\pi} = \frac{1}{25} \text{ s}$$

$$\Delta t_{AB} = \frac{3T}{f} \Rightarrow \Delta t_{AB} = \frac{3}{f \times 25} = \frac{3}{100} \text{ s}$$

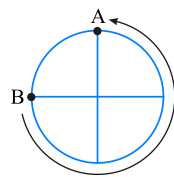
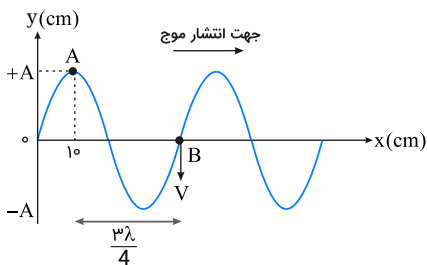
مطابق شکل:

راه حل سوم:

ابتدا فاز ذره های A و B را روی دایره نوسان مشخص می کنیم و متوجه می شویم که ذره B برای رسیدن به موقعیت ذره A باید  $\frac{3\pi}{2}$  تغییر فاز بدهد:

$$(\Delta\phi = \frac{3\pi}{2})$$

حالا از روی شکل، طول موج را حساب می کنیم و در رابطه  $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$  جایگذاری می کنیم تا به دست آید:



$$\frac{\lambda}{f} = 10\text{cm} = 0.1\text{m} \Rightarrow \lambda = 0.4\text{m}$$

مطابق شکل:

$$\begin{cases} \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v} \\ v = 10\text{m/s} \end{cases} \Rightarrow \frac{2\pi}{0.4} = \frac{\omega}{10} \Rightarrow \omega = 50\pi \text{ rad/s}$$

در نهایت با استفاده از معادله  $\Delta\phi = \omega \times \Delta t$ ، مدت زمانی را که طول می کشد تا ذره B به موقعیت ذره A برسد، محاسبه می کنیم:

$$\begin{cases} \Delta\phi = \omega \times \Delta t \\ \Delta\phi = \frac{3\pi}{2} \text{ rad} \\ \omega = 50\pi \text{ rad/s} \end{cases} \Rightarrow \frac{3\pi}{2} = 50\pi \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 0.03 \text{ s}$$



۱۰۵

گزینه ۳

ماکسول نشان داد که سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلأ از رابطه  $c = (\mu_0 \epsilon_0)^{-\frac{1}{2}}$  به دست می‌آید.

۱۰۶

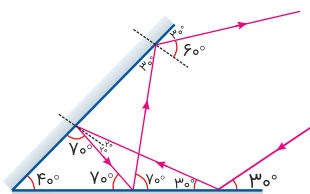
گزینه ۱

باتوجه به اینکه تعداد فوتون‌های بازتابیده و شکسته شده یکسان نیست پس شدت نور آن‌ها باهم متفاوت است (رد گزینه "۳"). از طرفی سرعت انتشار نور در محیط‌های مختلف، متفاوت است (رد گزینه "۴"). از آنجایی که امتداد موج‌های بازتابیده و شکسته باهم برابر نیست و اصلاً کمیت محسوب نمی‌شود گزینه "۲" هم غلط است. در نهایت چون موج‌های بازتابیده و شکسته شده از یک منبع خارج شده‌اند، پس بسامد و در نتیجه دوره آن‌ها باهم برابر است (گزینه "۱" صحیح است).

۱۰۷

گزینه ۱

زوایای تابش و بازتاب باهم برابرند. مجموع زاویه‌های داخل مثلث  $180^\circ$  است.



## گام اول

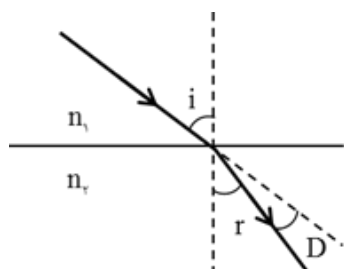
الف) زاویه تابش  $\hat{i} = 45^\circ \leftarrow 45^\circ$

ب) محیط شفافی به ضریب شکست  $\sqrt{2} \leftarrow \sqrt{2}$   $n_v = \sqrt{2}$

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

## گام دوم

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



$$n_1 \sin \hat{i} = n_v \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \sin \hat{r} \Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \hat{r} = 30^\circ$$

بنابراین زاویه انحراف برابر است با:

$$D = \hat{i} - \hat{r} \Rightarrow D = 45 - 30 = 15^\circ$$

$$\lambda = vT \Rightarrow \omega = 2\pi T \Rightarrow T = \frac{1}{f} \text{ s}$$

زمان  $\frac{1}{8} \text{ s}$  نصف دوره تناوب است که در این مدت، مسافتی که یک ذره از طناب طی می‌کند ۲ برابر دامنه نوسان است:

$$x = 2A = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}$$

## گام اول

الف) سیمی به طول یک متر  $\leftarrow l = 1\text{m}$

ب) جرم ۴ گرم  $\leftarrow m = 4\text{g} = 0.004\text{kg}$

ج) نیروی کشش سیم ۱۰ نیوتن  $\leftarrow F = 10\text{N}$

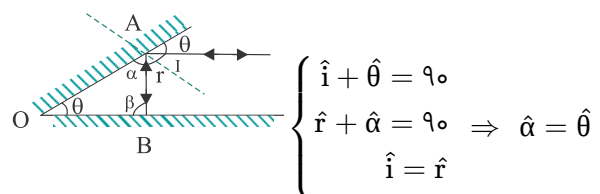
د) سرعت انتقال امواج عرض در سیم چند متر بر ثانیه؟  $\leftarrow v = ?$

## گام دوم

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

$$v = \sqrt{\frac{F \cdot l}{m}} = \sqrt{\frac{10 \times 1}{0.004}} = 50\text{m/s}$$

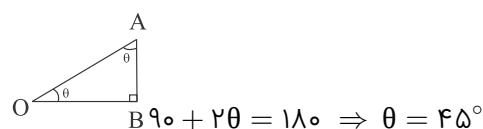
در آینه تخت زاویه تابش و بازتاب باهم برابرند، بنابراین متمم‌های آن‌ها نیز باهم مساوی‌اند:



پرتو تابش و بازتاب، زمانی روی هم می‌افتند که پرتو به صورت عمود بر آینه تابیده شده باشد، بنابراین:

$$\hat{\beta} = 90^\circ$$

حالا با توجه به مثلث  $O\hat{A}B$  می‌توانیم زاویه  $\hat{\theta}$  را به دست بیاوریم:



به کمک رابطه  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ، دوره آونگ را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \\ l = 24/5 \text{ cm} = 0.245 \text{ m} \Rightarrow T = 2 \times \sqrt{10} \times \sqrt{\frac{245}{98}} = 2 \times \sqrt{10 \times \frac{245}{98 \times 100}} = 2 \times \sqrt{\frac{1}{4}} = 1 \text{ s} \\ g = 9.8 \text{ m/s}^2 \\ \pi^2 = 10 \end{cases}$$

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

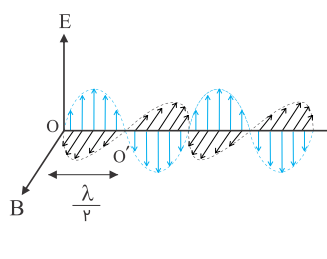
$$10 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 10^1 = \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-1} \text{ W/m}^2$$

$$P = IA \Rightarrow 4\pi = 10^{-1} (\pi d^2) \Rightarrow d = 200 \text{ m}$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}} = \sqrt{\frac{320 \times 1}{\lambda \times 10^{-3}}} = 200 \text{ m/s}$$

$$x = vt \Rightarrow 1 = 200t \Rightarrow t = \frac{1}{200} = 0.005 \text{ s}$$

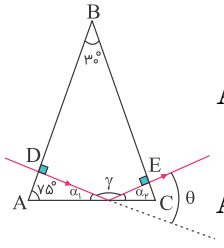
نقطه  $O'$  اولین نقطه مخالف فاز  $O$  است و مطابق شکل فاصله آن‌ها از هم برابر  $\frac{\lambda}{2}$  است. پس کافی است برای محاسبه فاصله بین آن‌ها طول موج را از رابطه  $\lambda = \frac{c}{f}$  بیابیم:



$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \\ f = 2 \text{ MHz} = 2 \times 10^6 \text{ Hz} \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^6} = 150 \text{ m}$$

$$O \text{ از } O' \text{ فاصله نقطه} = \frac{\lambda}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ m}$$

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



$$\triangle ABC \Rightarrow \begin{cases} \hat{A} + \hat{B} + \hat{C} = 180^\circ \\ \hat{A} = 75^\circ, \hat{B} = 30^\circ \end{cases} \Rightarrow 75^\circ + 30^\circ + \hat{C} = 180^\circ \Rightarrow \hat{C} = 75^\circ$$

$$\triangle ADO \Rightarrow 90^\circ + 75^\circ + \alpha_1 = 180^\circ \Rightarrow \alpha_1 = 15^\circ$$

$$\triangle OEC \Rightarrow 90^\circ + 75^\circ + \alpha_2 = 180^\circ \Rightarrow \alpha_2 = 15^\circ$$

زوایای  $\hat{\alpha}_1$  و  $\hat{\alpha}_2$  و  $\hat{Y}$  تشکیل یک نیم‌صفحه می‌دهند؛ بنابراین  $\hat{Y}$  برابر است با:

$$\hat{\alpha}_1 + \hat{Y} + \hat{\alpha}_2 = 180^\circ \Rightarrow 15^\circ + \hat{Y} + 15^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{Y} = 150^\circ$$

زاویه  $\hat{\theta}$  و  $\hat{Y}$ ، زوایای مکمل هم هستند:

$$\begin{cases} \hat{Y} + \hat{\theta} = 180^\circ \\ \hat{Y} = 150^\circ \end{cases} \Rightarrow \theta = 30^\circ$$

گام اول

الف) شدت صوتی  $0.4 \text{ W/m}^2$  است  $\leftarrow I = 0.4 \text{ W/m}^2$   
ب) تراز شدت صوت چند دسی‌بل؟  $\leftarrow \beta = ? (\text{dB})$

گام دوم

با استفاده از معادله  $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ ، تراز شدت صوت را برحسب دسی‌بل محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \Rightarrow \beta = 10 \log \frac{0.4}{10^{-12}} = 10 \log 4 \times 10^{11} = 10(11 + 2 \log 2) \\ \log 2 = 0.3 \end{cases}$$

$$= 10(11 + 2 \times 0.3) = 116 \text{ dB}$$

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

$$f_A = 2f_B \Rightarrow T_A = \frac{1}{2} T_B$$

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

$$v_A = v_B$$

## گام اول

الف) مساحت مقطع یک سیم  $10^{-6}$  مترمربع  $\leftarrow A = 10^{-6} \text{ m}^2$

ب) چگالی آن  $6/4 \text{ g/cm}^3 = 6400 \text{ kg/m}^3 \leftarrow \rho = 6/4 \text{ g/cm}^3$

ج) اگر این سیم با نیروی ۴ نیوتن کشیده شود  $\leftarrow F = 4 \text{ N}$

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

## گام دوم

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

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

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

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}} = \sqrt{\frac{4}{6400 \times 10^{-6}}} = 25 \text{ m/s}$$

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

مطابق شکل:

$$\frac{\lambda_M}{4} = \frac{\lambda_N}{2} \Rightarrow \lambda_M = 2\lambda_N$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow T_M = 2T_N$$

$$(۱) \Rightarrow \frac{2}{n_N} = \frac{T_N}{2T_N} \Rightarrow n_N = 4$$

بسامد زاویه‌ای تمام نقاط طناب باهم برابر است.

گام اول

الف) صوتی با بسامد  $۲۵\text{Hz}$ ، با شدت  $۱۰^۴ \mu\text{W}/\text{m}^۲ \leftarrow ۱۰^{-۲} \text{W}/\text{m}^۲$   $I = ۱۰^۴ \times ۱۰^{-۶} \text{W}/\text{m}^۲ = ۱۰^{-۲} \text{W}/\text{m}^۲$   
 ب) تراز شدت این صوت، چند دسی‌بل است؟  $\leftarrow \beta = ?(\text{dB})$

گام دوم

با استفاده از معادله  $\beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_0}$ ، تراز شدت صوت را برحسب دسی‌بل محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} \beta = ۱۰ \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = ۱۰^{-۱۲} \text{W}/\text{m}^۲ \end{cases} \Rightarrow \beta = ۱۰ \log \frac{۱۰^{-۲}}{۱۰^{-۱۲}} = ۱۰۰ \text{dB}$$

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 اولیه صوت؟  $\leftarrow I_۱ = ?$

گام دوم

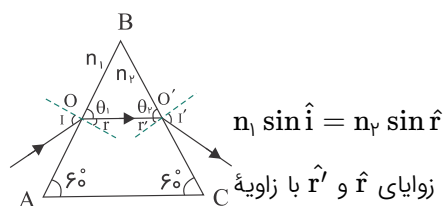
با استفاده از رابطه‌های  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$  و  $\beta_۲ - \beta_۱ = \log \frac{I_۲}{I_۱}$ ، تراز شدت اولیه صوت را به دست می‌آوریم:

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

حال می‌توانیم شدت صوت اولیه را به دست بیاوریم.

$$\begin{cases} \beta_۱ = \log \frac{I_۱}{I_0} \\ \beta_۱ = \log ۲ \\ I_0 = ۱۰^{-۱۲} \text{W}/\text{m}^۲ \end{cases} \Rightarrow \log ۲ = \log \frac{I}{۱۰^{-۱۲}} \Rightarrow I = ۲ \times ۱۰^{-۱۲} \text{W}/\text{m}^۲$$

باتوجه به قضیه اسنل می‌توانیم رابطه بین زوایای  $\hat{r}$  و  $\hat{i}$  را به دست بیاوریم:



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

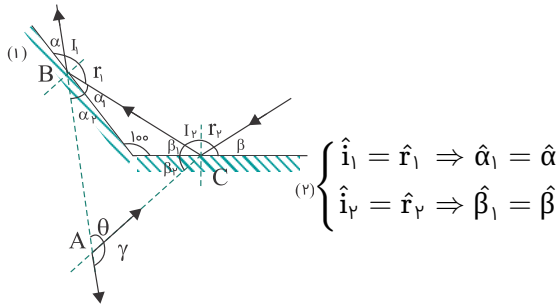
باتوجه به اینکه  $n_1$  و  $n_2$  مقادیر ثابتی هستند، با افزایش اندازه زاویه  $\hat{i}$ ،  $\hat{r}$  نیز افزایش می‌یابد. مجموع زوایای  $\hat{r}$  و  $\hat{r}'$  با زاویه رأس منشور برابر است، زیرا:

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

باتوجه به ثابت بودن زاویه رأس منشور ( $\hat{B}$ )، با افزایش اندازه  $\hat{r}$  (به دلیل افزایش  $\hat{i}$ )،  $\hat{r}'$  کاهش می‌یابد. باز هم باتوجه به قضیه اسنل، در نقطه  $O'$  با کاهش زاویه  $\hat{r}'$ ،  $\hat{i}'$  نیز کاهش می‌یابد.



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



با توجه به قانون بازتاب در آینه تخت داریم:

زوایای  $\hat{\beta}$  با  $\hat{\beta}_2$  و  $\hat{\alpha}$  با  $\hat{\alpha}_2$  متقابل به رأس هستند، بنابراین:

$$\begin{cases} \hat{\beta}_2 = \hat{\beta} \\ \hat{\alpha}_2 = \hat{\alpha} \end{cases}$$

با در نظر گرفتن زوایای داخلی مثلث‌های

$$\triangle A'BC, \triangle ABC$$

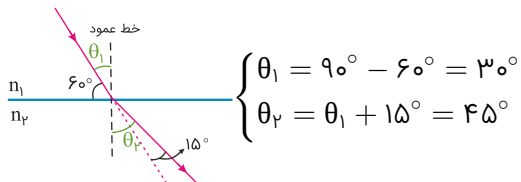
می‌توانیم زاویه  $\hat{\theta}$  را به دست بیاوریم:

$$\begin{cases} \triangle A'BC \Rightarrow \hat{\alpha}_1 + \hat{\beta}_1 + 100^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{\alpha} + \hat{\beta} = 80^\circ \\ \triangle ABC \Rightarrow \hat{\theta} + (\hat{\alpha}_1 + \hat{\alpha}_2) + (\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2) = 180^\circ \Rightarrow \hat{\theta} + 2(\hat{\alpha} + \hat{\beta}) = 180^\circ \end{cases} \Rightarrow \hat{\theta} + 2 \times 80^\circ = 180^\circ$$

بنابراین  $\hat{\gamma}$  برابر است با:

$$\hat{\theta} + \hat{\gamma} = 180^\circ \Rightarrow 20^\circ + \hat{\gamma} = 180^\circ \Rightarrow \hat{\gamma} = 160^\circ$$

در شکست یک پرتو رابطه  $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$  برقرار است که در این رابطه،  $\theta$  زاویه پرتوها با خط عمود است.



$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

## گام اول

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

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

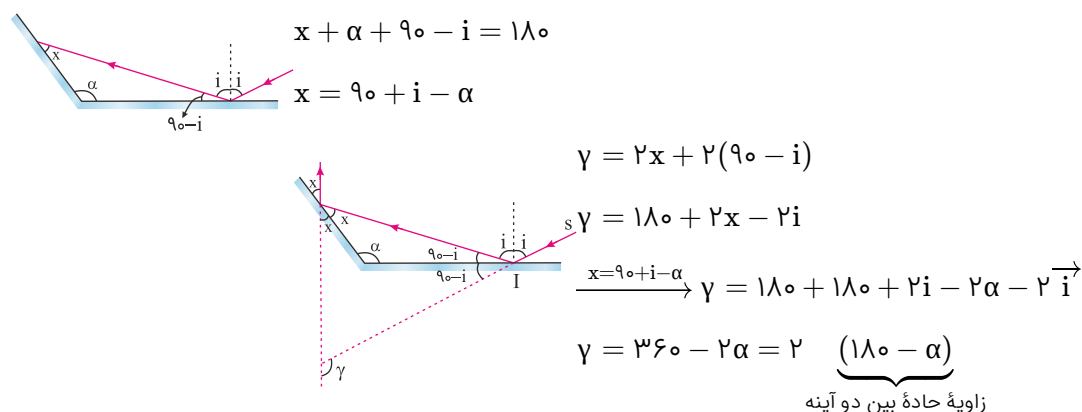
ج) سرعت نور قرمز در هوا  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  و در آب  $2/25 \times 10^8 \text{ m/s} \leftarrow 2/25 \times 10^8 \text{ m/s}$  ،  $v_{\text{هوا}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

## گام دوم

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

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

زاویه  $\gamma$  همان زاویه انحراف است. زاویه انحراف در دو آینه متقاطع، پس از یکبار بازتاب از هر آینه به زاویه تابش بستگی ندارد و ۲ برابر زاویه حاده بین دو آینه است. پس در اینجا با تغییر زاویه  $i$ ، زاویه  $\gamma$  تغییر نمی‌کند. اثبات:



همان‌طور که در بالا می‌بینیم، اثری از زاویه  $i$  در مقدار به‌دست‌آمده در  $\gamma$  وجود ندارد.

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

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

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

$$\Rightarrow P = 10^{-6} \times \pi \times 5^2 = \pi \times 10^{-6} \text{ W} \times 10^3 = 0.00314 \text{ mW}$$

$$T = 2 \times 1 = 2 \text{ s}$$

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

$$A = \left(\frac{f}{\nu}\right) \text{cm} = 2 \text{cm} = 0.02 \text{m}$$

$$v_m = A\omega \xrightarrow{A=0.02\text{m}, \omega=\pi} v_m = 0.02 \times \pi = 0.02\pi \text{ m/s} = 2\pi \text{ cm/s}$$

گام اول

الف) فنری با ثابت  $k = 100 \text{ N/m} \leftarrow 100 \text{ N/m}$ ب) با دامنه  $A = 4 \text{ cm} = 0.04 \text{ m} \leftarrow 4 \text{ cm}$ ج) انرژی جنبشی آن در لحظه‌ای که از مبدأ نوسان می‌گذرد؟  $\leftarrow x = 0 : K_{\max} = ?$ 

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:

$$\begin{cases} E = K_{\max} = U_{\max} \\ U_{\max} = \frac{1}{2} k A^2 \end{cases} \Rightarrow K_{\max} = \frac{1}{2} \times 100 \times \left(\frac{4}{100}\right)^2 = 0.08 \text{ J}$$

گام اول

الف) اگر شدت صوت چشمه‌ای را ۸ برابر کنیم  $I_2 = 8 I_1 \leftarrow$ ب) تراز شدت صوت  $\beta_2 = 1/3 \beta_1 \leftarrow$  برابر می‌شودج) تراز شدت صوت اولیه چند دسی‌بل بوده؟  $\leftarrow \beta_1 = ? \text{ (dB)}$ 

گام دوم

باتوجه به رابطه  $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$  داریم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 1/3 \beta_1 - \beta_1 = 10 \log \frac{8 I_1}{I_1} \Rightarrow 0/3 \beta_1 = 10 \log 8 \Rightarrow 0/3 \beta_1 = 30 \log 2$$

$$\xrightarrow{\log 2 = 0/3} 0/3 \beta_1 = 30 \times 0/3 \Rightarrow \beta_1 = 30 \text{ dB}$$

## گام اول

الف) بیشترین سرعت نوسانگر ساده  $\omega m/s \leftarrow \omega m/s$   
 ب) در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل ۳ برابر انرژی جنبشی  $U = 3K$

## گام دوم

راه حل اول:

به کمک معادله‌های  $E = K + U$  و  $E = K_{\max}$  سرعت نوسانگر را در لحظه خواسته شده به دست می‌آوریم:

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

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

$$\xrightarrow{(I),(II)} 4K = \frac{25}{2}m \Rightarrow 4 \times \frac{1}{2}mv^2 = \frac{25}{2}m \Rightarrow v^2 = \frac{25}{4} \Rightarrow |v| = 2.5 \text{ m/s}$$

راه حل دوم:

با استفاده از رابطه‌های زیر، داریم:

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

$$\begin{cases} E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \\ K = \frac{1}{2}mv^2 \end{cases} \xrightarrow{(*)} \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 4 \times \frac{1}{2}mv^2 \xrightarrow{v_{\max}=A\omega} v_{\max}^2 = 4v^2 \Rightarrow |v| = \sqrt{\frac{25}{4}} = 2.5 \text{ m/s}$$

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.

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

شدت صوت هزار برابر شده است؛ پس داریم:

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

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

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

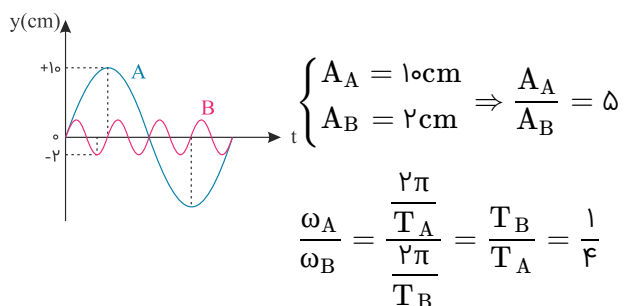
پس تراز شدت صوت ۳۰ dB افزایش یافته است.

## گام اول

الف) جرم نوسانگر B، پنج برابر جرم نوسانگر A است  $m_B = 5m_A \leftarrow$   
 ب) انرژی مکانیکی نوسانگر A چندبرابر انرژی مکانیکی نوسانگر B است؟  $\leftarrow \frac{E_A}{E_B} = ?$

## گام دوم

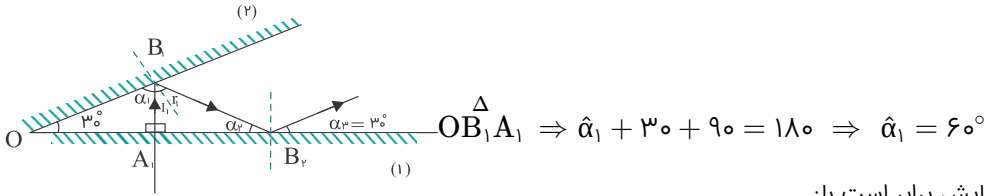
با استفاده از معادله  $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$  باید نسبت  $\frac{E_A}{E_B}$  را به دست آوریم.  
 برای این منظور باید نسبت‌های  $\frac{A_A}{A_B}$  و  $\frac{\omega_A}{\omega_B}$  را محاسبه کنیم؛ باتوجه به نمودار داریم:



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

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{1}{2} m_A \omega_A^2 A_A^2}{\frac{1}{2} m_B \omega_B^2 A_B^2} = \frac{m_A}{5m_A} \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times (2)^2 = \frac{5}{16}$$

باتوجه به زوایای داخلی مثلث  $\triangle OB_1A_1$ ،  $\alpha_1$  را محاسبه می‌کنیم:



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

$$\hat{\alpha}_1 + \hat{i}_1 = 90^\circ \Rightarrow 60^\circ + \hat{i}_1 = 90^\circ \Rightarrow \hat{i}_1 = 30^\circ$$

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

$$\begin{cases} \triangle A_1B_1B_2 \\ \hat{i}_1 = \hat{r}_1 = 30^\circ \end{cases} \Rightarrow 90^\circ + \hat{i}_1 + \hat{r}_1 + \hat{\alpha}_2 = 180^\circ \Rightarrow 90^\circ + 30^\circ + 30^\circ + \hat{\alpha}_2 = 180^\circ \Rightarrow \hat{\alpha}_2 = 30^\circ$$

ازآنجا که زوایای متمم زاویه‌های تابش و بازتاب باهم برابرند، داریم:

$$\hat{\alpha}_3 = \hat{\alpha}_2 = 30^\circ$$

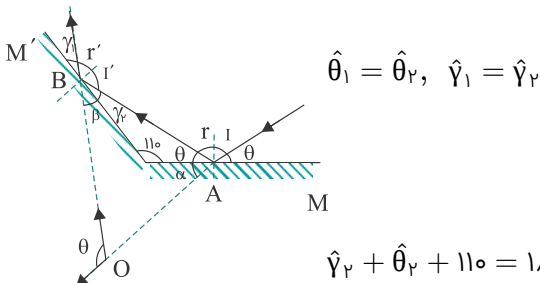
پرتو بازتاب موازی با آینه (۲) است، پس بازتاب دیگری نخواهیم داشت. درنتیجه این نور با دو بار برخورد با آینه‌ها بازتاب خواهد شد.

گام اول

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

گام دوم

در بازتاب کلی، زاویه فرودی و بازتاب باهم برابرند؛ بنابراین متمم آن‌ها نیز باهم برابر می‌شوند. درنتیجه:



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

با در نظر گرفتن زوایای مثلث  $\triangle O''AB$  داریم:

$$\hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2 + 110^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2 = 70^\circ$$

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

$$\hat{\theta} = \hat{\beta} + \hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2 + \hat{\alpha} \Rightarrow \hat{\theta} = 2\hat{\gamma}_2 + 2\hat{\theta}_2 \Rightarrow \hat{\theta} = 2(\hat{\gamma}_2 + \hat{\theta}_2) \Rightarrow \hat{\theta} = 2 \times 70^\circ = 140^\circ$$

گام اول

الف) دامنه ارتعاشات یک موج صوتی ۲۰ درصد کاهش داده می‌شود.  $\frac{A'}{A} = ۰/۸ \leftarrow$   
 ب) در یک نقطه معین، تراز شدت صوت، چند دسی‌بل کاهش می‌یابد؟  $\Delta\beta = ? \leftarrow$

گام دوم

باتوجه به رابطه شدت صوت داریم:

$$\frac{I'}{I} = \left(\frac{A'}{A}\right)^2 = \left(\frac{۸}{۱۰}\right)^2 = \frac{۶۴}{۱۰۰}$$

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

$$= ۱۰(۶ \log ۲ - ۲) = ۱۰(۶ \times ۰/۳ - ۲) = -۲ \text{ db}$$

گام اول

الف) وزن ۵۰۰ گرمی  $m = ۵۰۰ \text{ g} = ۰/۵ \text{ kg} \leftarrow$   
 ب) ثابت فنر ۲۰ نیوتون بر متر  $k = ۲۰ \text{ N/m} \leftarrow$   
 ج) وزنه در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟  $\leftarrow n = ?$ ,  $t = ۶۰ \text{ s}$

گام دوم

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{۲۰}{۰/۵} \Rightarrow \omega^2 = ۴۰ \xrightarrow{\omega=2\pi f} ۴\pi^2 f^2 = ۴۰ \xrightarrow{\pi^2=۱۰} f^2 = ۱ \Rightarrow f = ۱ \text{ Hz}$$

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

$$\text{نوسان کامل } n = ft \xrightarrow{f=1 \text{ Hz}, t=60 \text{ s}} n = ۱ \times ۶۰ = ۶۰$$

گام اول

الف) به ازای هر ۴ نوسان آونگ A، آونگ B، ۵ نوسان انجام می‌دهد  $\frac{f_A}{f_B} = \frac{۴}{۵} \leftarrow$   
 ب) طول آونگ A چندبرابر آونگ B است؟  $\frac{l_A}{l_B} = ? \leftarrow$

گام دوم

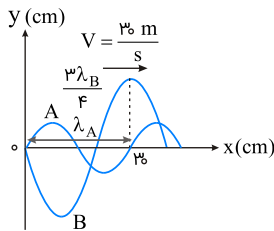
با استفاده از رابطه  $T = \frac{۱}{f} = ۲\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ، نسبت طول آونگ A به طول آونگ B را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \frac{۱}{f_A} = ۲\pi\sqrt{\frac{l_A}{g}} \\ \frac{۱}{f_B} = ۲\pi\sqrt{\frac{l_B}{g}} \end{cases} \Rightarrow \frac{f_B}{f_A} = \sqrt{\frac{l_A}{l_B}} \Rightarrow \frac{l_A}{l_B} = \left(\frac{f_B}{f_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{l_A}{l_B} = \left(\frac{۵}{۴}\right)^2 = \frac{۲۵}{۱۶}$$

باتوجه به شکل، طول موج هر کدام از موج‌های در حال انتشار A و B برابر است با:

$$\begin{cases} \lambda_A = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m} \\ \frac{3\lambda_B}{4} = 30 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_B = 0.4 \text{ m} \end{cases}$$

کافی است دوره تناوب هر موج را به دست آورده تا در نهایت تعداد نوسانات هر کدام از موج‌ها در ۲۰ ثانیه محاسبه شود:



$$\lambda = vT \Rightarrow \begin{cases} \lambda_A = vT_A \Rightarrow 0.3 = 30 \times T_A \Rightarrow T_A = 0.01 \text{ s} \\ \lambda_B = vT_B \Rightarrow 0.4 = 30 \times T_B \Rightarrow T_B = \frac{4}{300} \text{ s} \end{cases}$$

$$N = \frac{t}{T} \Rightarrow \begin{cases} N_A = \frac{t}{T_A} = \frac{20}{0.01} = 2000 \\ N_B = \frac{t}{T_B} = \frac{20}{\frac{4}{300}} = 1500 \end{cases} \Rightarrow N_A - N_B = 2000 - 1500 = 500$$

گام اول: با استفاده از رابطه  $T = \frac{t}{n}$ ، دوره نوسان آونگ را قبل از تغییر طول به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از رابطه  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ، طول اولیه آونگ را به دست می‌آوریم:

$$T_1 = \frac{t}{n_1} = \frac{72}{30} = 1/4 \text{ s}$$

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} \Rightarrow 1/4 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{\pi^2}} \Rightarrow l_1 = 0.11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

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

$$T_2 = \frac{t}{n_2} = \frac{72}{45} = 1/6 \text{ s}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} \Rightarrow 1/6 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{\pi^2}} \Rightarrow l_2 = 0.64 \text{ m} = 64 \text{ cm}$$

گام سوم: باتوجه به نتایج به دست آمده، طول آونگ را باید ۱۷ cm کاهش دهیم.

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

رابطه  $E = \frac{hc}{\lambda}$  نشان می‌دهد، هرچه طول موج کوتاه‌تر باشد، انرژی موج بزرگ‌تر است؛ در نتیجه داریم:

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



## گام اول

الف) آونگ ساده‌ای به طول یک متر  $l = 1\text{m}$  ←

ب) گلوله آونگ در هر دقیقه چند نوسان کامل انجام می‌دهد؟ ←  $n = ?$  :  $t = 1\text{min} = 60\text{s}$

## گام دوم

به کمک معادله  $T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ، فرکانس را به دست آورده و با استفاده از رابطه  $n = ft$ ، تعداد نوسانات کامل آونگ را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\pi^2}} \Rightarrow f = 0.5\text{Hz} \\ g = \pi^2 \end{cases}$$

$$n = ft = \frac{1}{2} \times 60 = 30 \text{ نوسان کامل}$$

## گام اول

الف) دوره آونگ ۳ ثانیه  $T_1 = 3\text{s}$  ←

ب) کاهش طول آونگ چه کسری از طول اولیه آونگ باشد تا دوره آن یک ثانیه شود؟ ←  $T_2 = 1\text{s}$ ،  $\frac{\Delta l}{l_1} = ?$

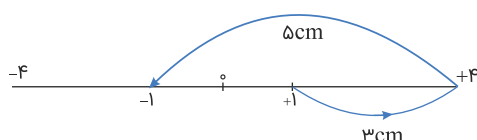
## گام دوم

به کمک رابطه  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ، نسبت  $\frac{l_2}{l_1}$  را به دست می‌آوریم و در نهایت  $\frac{\Delta l}{l_1}$  را محاسبه کنیم:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}}{2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} \Rightarrow \frac{l_2}{l_1} = \frac{1}{9}$$

$$\frac{\Delta l}{l_1} = \frac{l_2 - l_1}{l_1} = \frac{l_2}{l_1} - 1 = \frac{1}{9} - 1 = -\frac{8}{9}$$

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



مسافت پیموده‌شده برابر با  $8\text{cm}$  است که همان طول پاره‌خط بوده که در نصف دوره طی می‌شود.

$$f = 0.5\text{Hz}, T = \frac{1}{0.5}\text{s}$$

$$\Delta t = \frac{T}{2} = 0.5\text{s}$$

گام اول: باتوجه به نمودار طول موج را به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از رابطه  $\lambda = V \cdot T$ ، دوره نوسان موج که همان دوره نوسان ذرات است را به دست می‌آوریم.

$$\frac{3}{2}\lambda = 120 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 80 \text{ cm} = 0.8 \text{ m}$$

$$\lambda = V \cdot T \Rightarrow 0.8 = 10 \times T \Rightarrow T = 0.08 \text{ s}$$

گام دوم: مدت زمان  $\Delta t = 0.05 - 0.01 = 0.04 \text{ s}$  برابر با نصف دوره نوسان است و هر ذره از محیط که در آن موج منتشر شده است در این مدت مسافتی به اندازه ۲ برابر دامنه نوسان را طی می‌کند؛ پس مسافت طی شده توسط ذره M نیز در این مدت برابر با  $l = 2A = 2 \times 3 = 6 \text{ cm}$  است.

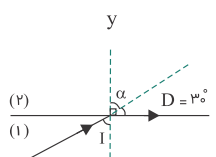
گام اول

الف) پرتو نور  $30^\circ$  درجه منحرف می‌شود  $\hat{D} = 30^\circ$

ب) سرعت نور در محیط ۲ چند برابر سرعت نور در محیط ۱ است  $\frac{v_2}{v_1} = ?$

گام دوم

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



$$\begin{cases} \hat{\alpha} = 90^\circ - \hat{D} \\ \hat{i} = \hat{\alpha} \end{cases} \Rightarrow \hat{i} = 90^\circ - \hat{D} \Rightarrow \hat{i} = 60^\circ$$

ادامه پاسخ را به دو روش داریم:

راه حل اول:

طبق قانون شکست عمومی داریم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \hat{\alpha}}{\sin \hat{i}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin 60^\circ} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

راه حل دوم:

از تعریف ضریب شکست داریم:

$$n = \frac{c}{v} \xrightarrow{\text{سرعت نور در خلأ و ثابت c:}} n_1 v_1 = n_2 v_2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

بنابراین کافی است نسبت  $\frac{n_1}{n_2}$  را به دست بیاوریم.

بنابراین نسبت  $\frac{n_1}{n_2}$  با توجه به قانون اسنل برابر است با:

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin 90^\circ \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{2}{\sqrt{3}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

## گام اول

الف) تراز شدت صوتی ۳۷ دسی بل  $\beta = 37 \text{ dB} = 37 \text{ dB}$  ←  
 ب) شدت صوت مبنا برابر با  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  ←  
 ج) شدت صوت ؟  $I = ?$  ←

## گام دوم

با استفاده از معادله  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ ، شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

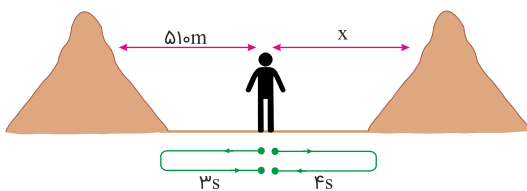
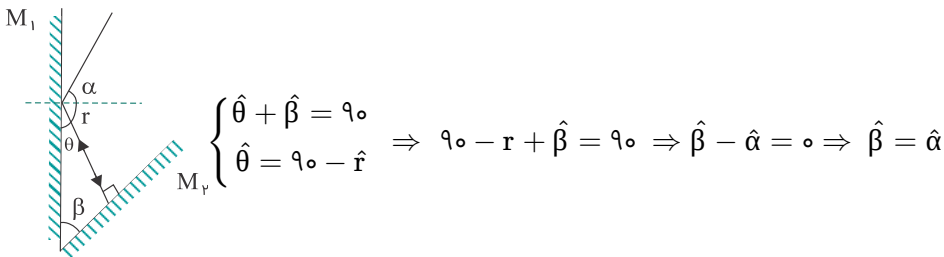
$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_0} \\ \log 10 = 1 \Rightarrow 10^1 = 10 \end{cases} \Rightarrow 37 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-12} \times 10^{37} = 10^{-12} \times 10^3 \times 10^{34} = 10 \times 10^{-9} \text{ W/m}^2$$

## گام اول

پرتو بازتاب به صورت قائم به آینه  $M_2$  می‌تابد ←  $\hat{\theta} + \hat{\beta} = 90^\circ$

## گام دوم

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



$$\frac{510 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = \frac{x \text{ (m)}}{340 \text{ m/s}} \Rightarrow x = 680 \text{ m}$$

$$\text{فاصله دو صخره} = 510 + 680 = 1190 \text{ m}$$

باتوجه به اینکه در هر دوره نوسانگر ۲ بار تغییر جهت می‌دهد، در هر نصف دوره یک‌بار تغییر جهت می‌دهد. کافی است مشخص کنیم  $\Delta t$  با  $T$  چه رابطه‌ای دارد.

$$\Delta t = t_p - t_1 = \frac{9}{f} s$$

$$\lambda = vT \Rightarrow T = \frac{10}{v} = \frac{1}{v} s \Rightarrow \frac{T}{v} = \frac{1}{f} s$$

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{9}{f}}{\frac{1}{f}} = 9 \Rightarrow 9 \text{ بار تغییر جهت}$$

$$2\lambda = 2 \Rightarrow \lambda = 1 \text{ m}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{1} = 3 \times 10^8 \text{ Hz}$$

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

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

$$\frac{2}{10} \times 600 = \sqrt{\frac{36}{10^6 \times A}} \Rightarrow A = \frac{1}{f} \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{f} \times 10^{-6} \times 10^6 = \frac{1}{f} = 0.25 \text{ mm}^2$$

گام اول

الف) صفحه حساسی به مساحت  $3 \text{ cm}^2 \leftarrow 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

ب) در مدت ۵ ثانیه،  $1/5 \times 10^{-11} \text{ J}$  انرژی صوتی به صفحه می‌رسد  $\leftarrow E = 1/5 \times 10^{-11} \text{ J}$ ,  $t = 5 \text{ s}$

ج) شدت صوت در این صفحه چند میکرووات بر مترمربع است؟  $\leftarrow I = ? (\mu\text{W}/\text{m}^2)$

گام دوم

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

$$I = \frac{E}{A \cdot t} = \frac{1/5 \times 10^{-11}}{3 \times 10^{-4} \times 5} = 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 = 0.01 \mu\text{W}/\text{m}^2$$

## گام اول

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

$$\leftarrow T = \frac{0.4}{2} = 0.2 \text{ s} \Rightarrow \frac{t}{T} = 2 \Rightarrow \text{تعداد نوسان}$$

ب) اگر بیشینه شتاب نوسان  $20 \text{ m/s}^2$  باشد  $a_{\max} = 20 \text{ m/s}^2$

ج) فاصله MN چند سانتی‌متر است؟  $MN = 2A = ? \text{ (cm)}$

## گام دوم

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

$$\begin{cases} F = -kx \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow -kx = ma \xrightarrow{k=m\omega^2} -m\omega^2 x = ma$$

$$\Rightarrow a = -\omega^2 x \Rightarrow a_{\max} = \omega^2 A$$

با استفاده از رابطه  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  و  $a_{\max} = A\omega^2$  دامنه نوسانات را به دست آورده و در نهایت فاصله MN را محاسبه می‌کنیم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2} = 10\pi \text{ rad/s}$$

$$a_{\max} = A\omega^2 \Rightarrow 20 = A \times 100\pi^2 \xrightarrow{\pi^2=10} A = 0.02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

$$MN = 2A = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}$$

## گام اول

الف) بسامد موج رادیویی ۱۲۰۰ کیلوهرتز  $f = 1200 \text{ kHz} = 12 \times 10^5 \text{ Hz}$

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

## گام دوم

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

$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{12 \times 10^5} = 250 \text{ m}$$

## گام اول

طول نخ آونگ ساده‌ای را نصف می‌کنیم  $l_2 = \frac{l_1}{2}$

## گام دوم

به کمک رابطه  $T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  نسبت دوره‌ی حالت دوم به دوره‌ی حالت اول را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}}{2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}l_1}{l_1}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

$$\Rightarrow E = 2K \Rightarrow 2\pi^2 \rho A^2 f^2 = 2 \times \left( \frac{1}{2} \rho v^2 \right)$$

$$\Rightarrow 2\pi^2 (\omega)^2 (10)^{10} = v^2 \Rightarrow v = 50\pi \sqrt{7} \text{ cm/s}$$

گام اول

الف) امواج صوتی با تراز شدت صوت ۸۰ دسی بل  $\beta = 80 \text{ dB} = 8B \leftarrow$   
 ب) مساحت پرده گوش شخص،  $6 \times 10^{-5} \text{ متر مربع}$   $A = 6 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \leftarrow$   
 ج) در مدت ۳ دقیقه  $t = 3 \text{ min} = 180 \text{ s} \leftarrow$   
 د) چند ژول انرژی صوتی به گوش شخص می‌رسد؟  $E = ? \leftarrow$

گام دوم

ابتدا به کمک معادله  $\beta = \log \frac{I}{I_0}$ ، شدت صوت را محاسبه کرده و در رابطه  $I = \frac{P}{A} = \frac{E}{A.t}$  جایگذاری می‌کنیم تا انرژی صوتی به دست آید:

$$\begin{cases} \beta = \log \frac{I}{I_0} \\ I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \end{cases} \Rightarrow 8 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow \frac{I}{10^{-12}} = 10^8 \Rightarrow I = 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

$$I = \frac{E}{A.t} \Rightarrow 10^{-4} = \frac{E}{6 \times 10^{-5} \times 180} \Rightarrow E = 1/0.8 \times 10^{-6} \text{ J}$$

گام اول

الف) تراز شدت صوتی از ۲۷dB به ۴۷dB افزایش یابد  $\beta_2 - \beta_1 = 47 - 27 = 20 \text{ dB} \leftarrow$   
 ب) شدت صوت آن نسبت به حالت قبل چندبرابر شده؟  $\frac{I_2}{I_1} = ? \leftarrow$

گام دوم

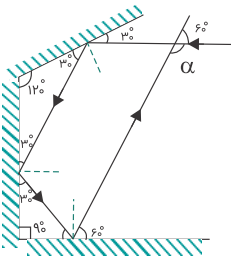
با استفاده از رابطه  $\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1}$  (برحسب دسی بل)، نسبت  $\frac{I_2}{I_1}$  را به دست می‌آوریم:

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 20 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 100$$

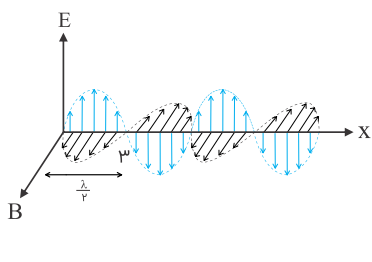
سرعت موج عرض سینوسی از رابطه  $v = \lambda f$  و بیشینه سرعت ذرات طناب از رابطه  $v' = A\omega$  به دست می‌آید؛ بنابراین داریم:

$$\frac{v}{v'} = \frac{\lambda f}{A\omega} = \frac{\lambda f}{A \times 2\pi f} = \frac{\lambda}{2\pi A}$$

باتوجه به اینکه زاویه تابش و بازتابش متمم هم هستند، زوایای شکل را مشخص می‌کنیم.  
در نهایت  $180^\circ = \alpha + 60^\circ$  است؛ پس  $\alpha = 120^\circ$  می‌باشد.



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



$$\frac{\lambda}{v} = T \Rightarrow \lambda = 6 \text{ m}$$

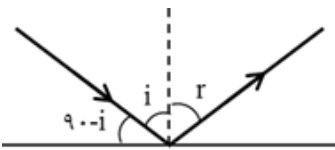
$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{f} \\ \lambda = 6 \text{ m} \\ c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow f = \frac{3 \times 10^8}{6} \Rightarrow f = 5 \times 10^7 \text{ Hz} = 50 \text{ MHz}$$

گام اول

الف) زاویه بین پرتو تابش و بازتاب، چهار برابر زاویه‌ای است که پرتو تابش با آینه می‌سازد.  $\hat{i} + \hat{r} = 4(90 - \hat{i}) \leftarrow$   
ب) زاویه تابش چند درجه است؟  $\hat{i} = ? \leftarrow$

گام دوم

با توجه به قانون بازتاب داریم:

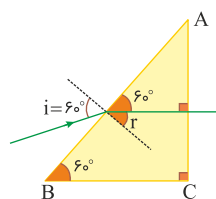


$$\begin{cases} \hat{i} + \hat{r} = 4(90 - \hat{i}) \\ \hat{i} = \hat{r} \end{cases} \Rightarrow 2\hat{i} = 4(90 - \hat{i}) \Rightarrow \hat{i} = 180 - 2\hat{i} \Rightarrow 3\hat{i} = 180 \Rightarrow \hat{i} = 60^\circ$$





باتوجه به شکل و استفاده از قانون اسنل می‌توان نوشت:



$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

با توجه به نمودار:

$$\left. \begin{aligned} \frac{3}{2}\lambda &= 0.15 \Rightarrow \lambda = 0.1 \text{ m} \\ v &= \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{\lambda_0}{0.2}} = 20 \text{ m/s} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \lambda = vT \Rightarrow 0.1 = 20 \times T \Rightarrow T = \frac{1}{200} \text{ s}$$

مدت زمان  $t = \frac{1}{200} \text{ s}$  برابر ۲ دوره نوسان است:

$$\frac{t}{T} = \frac{0.01}{\frac{1}{200}} = 2$$

در هر دوره مسافت طی شده توسط هر ذره  $A$  و در دو دوره  $A$  است:

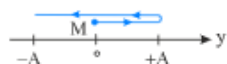
$$\ell = \lambda A = \lambda \times 2 = 16 \text{ cm}$$

$$E = \frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (4\pi)^2 \times 10^{-8} \\ \Rightarrow E = 0.1\pi^2 \times 10^{-8} \text{ J} = 0.1\pi^2 \times 10^{-8} \times 10^3 = 0.01\pi^2 \text{ mJ}$$

راه حل اول:

باتوجه به جهت حرکت موج، مطابق شکل زیر، نقطه M ابتدا به +A رفته، سپس به نقطه تعادل برمی گردد و در نهایت به نقطه -A می رود؛ بنابراین جابه جایی آن برابر با  $\Delta x = -A$  است.

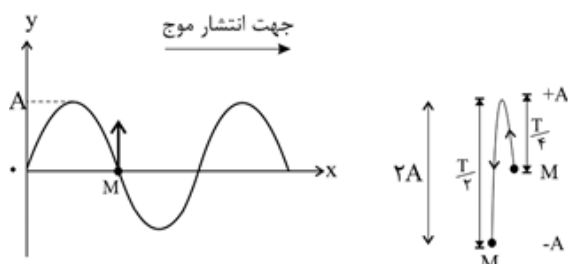
برای مسافت طی شده توسط ذره در بازه زمانی صفر تا  $\frac{3T}{4}$  داریم:



$$L = v\Delta t \xrightarrow{v=\frac{\lambda}{T}, \Delta t=\frac{3T}{4}} L = \frac{3\lambda}{4}$$

راه حل دوم:

فاز اولیه نقطه M برابر با صفر است و بعد از  $t = \frac{3}{4}T$  در فاز  $\frac{3\pi}{4}$  قرار می گیرد؛ بنابراین شکل نوسان آن به صورت زیر درمی آید:



باتوجه به شکل، جابه جایی ذره M برابر -A است.

از طرفی موج  $t = \frac{3}{4}T$  در حرکت بوده؛ پس موج در این مدت  $\frac{3}{4}\lambda$  طی کرده است.

گام اول

الف) در لحظه ای که انرژی پتانسیل ۸ برابر انرژی جنبشی است  $U = 8K$

ب) سرعت نوسانگر  $2\text{ m/s}$  است  $v = 2\text{ m/s}$

گام دوم

به کمک معادله های  $E = K + U$  و  $E = U_{\max}$ ، بیشینه سرعت را می یابیم:

$$E = U + K = K + 8K = 9K$$

$$\begin{cases} E = 9K \\ K = \frac{1}{2}mv^2 \end{cases} \Rightarrow E = 9 \times \frac{1}{2}m(v)^2 = 18m \quad (*)$$

$$\begin{cases} E = U_{\max} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \\ v_{\max} = A\omega \end{cases} \xrightarrow{(*)} \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = 18m \Rightarrow v_{\max}^2 = 36 \Rightarrow |v_{\max}| = 6\text{ m/s}$$