



گزینه ۳

۱

ابتدا شدت صوت در فاصله ۱۰ متری منبع را به دست می‌آوریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 70 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-5} \text{ W/m}^2$$

طبق رابطه $\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$ ، شدت صوت را در فاصله ۲/۵ متری منبع به دست می‌آوریم:

$$\frac{I_{2/5 \text{ m}}}{I_{10 \text{ m}}} = \left(\frac{10}{2/5}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_{2/5 \text{ m}}}{10^{-5}} = 16 \Rightarrow I_{2/5 \text{ m}} = 16 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$$

حال با استفاده از رابطه $I = \frac{P}{S}$ ، توان رسیده به صفحه را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{P}{S} \Rightarrow 16 \times 10^{-5} = \frac{P}{20 \times 10^{-4}} \Rightarrow P = 32 \times 10^{-8} \text{ W}$$

در نهایت از $U = P t$ ، انرژی صوتی رسیده به صفحه را در مدت یک دقیقه به دست می‌آوریم:

$$U = P t = 32 \times 10^{-8} \times 60 = 1/92 \times 10^{-5} \text{ J} = 19/2 \mu\text{J}$$

گزینه ۲

۲

ابتدا لحظه رسیدن منبع صوت به شخص را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} x_{\text{شخص}} = 3t + 10 \\ x_{\text{چشمه}} = 8t - 20 \end{cases} \Rightarrow x_{\text{شخص}} = x_{\text{چشمه}} \Rightarrow t = 6 \text{ s}$$

بنابراین قبل از $t = 6 \text{ s}$ ، چشمه صوت در حال نزدیک شدن به شنونده است. و بسامد رسیده به شخص بیشتر از بسامد چشمه است. پس از $t = 6 \text{ s}$ ، منبع در حال دور شدن از شنونده است و بسامد رسیده به شنونده کمتر از بسامد منبع است و شنونده صوت را با ارتفاع کمتری نسبت به لحظه‌های قبل از $t = 6 \text{ s}$ درک می‌کند.

شنونده A به منبع صوت نزدیکتر است و تراز شدت صوت آن بیشتر است. بنابراین:

$$\beta_A - \beta_B = 15 \text{ dB}$$

با استفاده از رابطه $\beta_2 - \beta_1 = \log \frac{I_2}{I_1}$ ، نسبت شدت صوت دریافتی دو شنونده را به دست می‌آوریم:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \frac{I_A}{I_B} = 15 \Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = 1/2$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = 5 \times 0/2 \Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = 5 \log 2$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = \log 2^5 \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = 2^5$$

نسبت شدت صوت‌ها به نسبت وارون مربع فاصله دو شنونده از منبع است. بنابراین:

$$\frac{I_A}{I_B} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \Rightarrow 2^5 = \left(\frac{24}{r_A}\right)^2 \Rightarrow 4\sqrt{2} = \frac{24}{r_A} \Rightarrow r_A = 3\sqrt{2} \text{ m}$$

گزینه ۱ صحیح است.

$$\begin{cases} I = \frac{P}{A} \\ P \sim A^2 \\ f^2 A \sim r^2 \end{cases} \Rightarrow I \sim \frac{A^2 f^2}{r^2}$$

$$\Delta B = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 10 - 50 = 10 \log \frac{k^2 \times k^2}{\left(\frac{1}{k}\right)^2} = 60 \log k$$

$$\Rightarrow \log k = \frac{1}{6} \Rightarrow k = \sqrt{10}$$

توان مکانیکی را از رابطه $P = F \cdot v$ به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{مکانیکی}} = F \cdot v = 2 \times 0.5 = 1 \text{ W}$$

با استفاده از تراز شدت صوت، شدت صوت در محل شنونده را به دست می‌آوریم:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 80 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow 8 = \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

توان صوتی تولیدی توسط ساز را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{P_{\text{صوت}}}{4\pi r^2} \Rightarrow 10^{-4} = \frac{P_{\text{صوت}}}{4 \times 3 \times (10)^2} \Rightarrow P_{\text{صوت}} = 0.12 \text{ W}$$

بازده تبدیل انرژی مکانیکی به صوتی برابر است با:

$$Ra = \frac{P_{\text{صوت}}}{P_{\text{مکانیکی}}} \times 100 = \frac{0.12}{1} \times 100 = 12\%$$

منبع که جبهه‌های امواج صوتی را به صورت کره‌های هم‌مرکز منتشر کرده است، ساکن می‌باشد. شنونده A در حال دور شدن از منبع و شنونده B در حال نزدیک شدن به منبع است، پس $f_A < f$ و $f_B > f$ است. بنابراین گزینه "۳" درست است.

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 83 = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} \Rightarrow I = 10^{8.3} \times 10^{-12} = 10^{-4} \times 10^{0.3} = 2 \times 10^{-4}$$

$$I = \frac{P}{A} \xrightarrow{A=4\pi r^2} 2 \times 10^{-4} = \frac{96}{4 \times 3 \times r^2} \Rightarrow r = 200 \text{ m}$$

ابتدا با استفاده از نمودار جابه‌جایی - مکان، نسبت دامنه‌ها و نسبت طول موج دو موج را تعیین می‌کنیم.

$$\begin{cases} \frac{A_1}{A_2} = \frac{2A}{A} = 2 \\ \frac{\lambda_1}{2} = \lambda_2 \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2 \end{cases}$$

چون دو موج صوتی در یک محیط منتشر شده‌اند، تندی انتشار دو موج در محیط باهم برابر است. بنابراین نسبت بسامد منبع دو موج برابر است با:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2 \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \frac{v_1}{v_2} \times \frac{f_2}{f_1} = 2 \xrightarrow{\frac{v_1}{v_2} = 1} \frac{f_2}{f_1} = 2$$

با توجه به این‌که دامنه موج صوتی برحسب مکان تغییر نکرده است، موج در یک بعد در حال انتشار است. مثلاً موج درون یک لوله صوتی در حال انتشار است. بنابراین فاصله از منبع تأثیری در شدت صوت ندارد و تنها نسبت دامنه‌ها و بسامد منبع‌ها را در شدت صوت در نظر می‌گیریم.

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 = 2^2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1$$

در گام اول نحوه تغییر شدت صوت دریافتی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \xrightarrow{P=\text{ثابت}} \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{r_2 = \frac{r_1}{2}} \frac{I_2}{I_1} = 2^2 = 4$$

حالا نحوه تغییر تراز شدت صوت را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} = 10 \log 4 = 10 \log 2^2 = 20 \log 2$$

$$\xrightarrow{\log 2 = 0.3} \Delta\beta = 20 \times 0.3 = 6 \text{ dB}$$

یعنی تراز شدت صوت ۶ dB افزایش می‌یابد.

با استفاده از اختلاف تراز شدت صوت، نسبت شدت صوت در فاصله ۲۰ متری به فاصله ۱۰ متری را به دست می‌آوریم:

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow 40 - 30 = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

$$1 = \log \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 10 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{10}$$

اگر اتلاف انرژی نباشد، نسبت شدت صوت در فاصله ۱۰ متری به ۲۰ متری برابر است با:

$$\frac{I'_2}{I_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \left(\frac{10}{20}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

درصد اتلاف انرژی در این فاصله برابر است با:

$$\frac{|I'_2 - I_2|}{I'_2} \times 100 = \frac{\left|\frac{1}{10}I_1 - \frac{1}{4}I_1\right|}{\frac{1}{4}I_1} \times 100 = 60\%$$

بنابراین ۶۰ درصد انرژی صوتی در این فاصله تلف شده است.

علت نادرستی سایر گزینه‌ها:

گزینه "۱": نادرست؛ گستره ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz مربوط به گستره شنیداری است. بیشترین حساسیت گوش به گستره ۲۰۰۰ Hz تا ۵۰۰۰ Hz است.

گزینه "۳": نادرست؛ عموماً سرعت صوت در جامد بیشتر از مایع و در مایع بیشتر از گاز است و استثناهایی وجود دارد.

گزینه "۴": نادرست؛ تندی صوت علاوه بر جنس محیط به دمای محیط نیز بستگی دارد.

ابتدا انرژی صوتی تولیدی منبع در مدت یک دقیقه را حساب می‌کنیم:

$$E = P \times t = 20 \times 60 = 1200 \text{ J}$$

حالا با استفاده از یک نسبت، انرژی رسیده به صفحه را تعیین می‌کنیم:

$$\begin{cases} E = 1200 \text{ J} \Rightarrow 4\pi R^2 = 4 \times 3 \times 10^2 \text{ m}^2 \\ E' = ? \Rightarrow S = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \end{cases} \Rightarrow E' = 2 \times 10^{-3} \text{ J} = 2 \text{ mJ}$$

یک موج صوتی توسط فلز و یک موج صوتی توسط هوای درون لوله به شخص می‌رسند. چون تندی صوت در فلز بیشتر از هوا است، بنابراین صوت توسط فلز زودتر به شخص شنونده می‌رسد. هر دو صوت مسیری به اندازه طول لوله را طی می‌کنند. بنابراین:

(v_1 : تندی صوت در فلز و v_2 : تندی صوت در هوا)

$$\begin{cases} \ell = v_1 t_1 \\ \ell = v_2 (t_1 + \Delta t) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 68 = v_1 t_1 \\ 68 = 340(t_1 + 0.1) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_1 = 680 \text{ m/s} \\ t_1 = 0.1 \end{cases}$$

ابتدا با استفاده از رابطه تراز شدت صوت، شدت صوت در محل شخص را به دست می‌آوریم:

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

از رابطه $I = \frac{P}{4\pi r^2}$ ، توان منبع صوت را به دست می‌آوریم. توان رسیده به شخص، 0.8 برابر توان منبع است؛ پس:

$$I = \frac{0.8 P_{\text{منبع}}}{4\pi r^2} \Rightarrow P_{\text{منبع}} = \frac{10}{8} \times 4\pi r^2 \times I = \frac{5}{4} \times 4 \times 3 \times 10^2 \times 10^{-4} \\ \Rightarrow P_{\text{منبع}} = 0.15 \text{ W}$$