۱) اگر جرم و شعاع کره زمین به‌ترتیب ۸۱ و ۴ برابر جرم و شعاع کره ماه باشد، در چه ارتفاعی از سطح زمین، دوره نوسان‌های یک آونگ ساده کم‌دامنه با دوره نوسان‌های آن روی سطح کره ماه برابر است؟ (R_e : شعاع کره زمین است.)

۱) R_e **۲)** $1/25R_e$

۳) $2/25R_e$ **۴)** $5R_e$

پاسخ: گزینه ۲

گزینهٔ «۲»

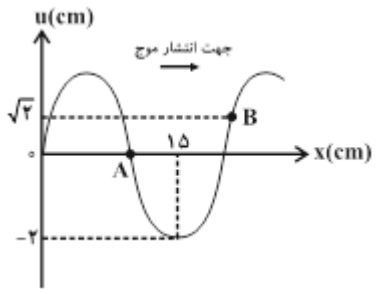
با استفاده از رابطه دوره نوسان‌های یک آونگ ساده کم‌دامنه، داریم:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} \Rightarrow \frac{T_e}{T_m} = \sqrt{\frac{g_m}{g_e}} \xrightarrow{T_e=T_m} g_e = g_m$$

$$\xrightarrow{g=G\frac{M}{r^2}} \frac{M_e}{(R_e+r)^2} = \frac{M_m}{R_m^2} \Rightarrow \left(\frac{R_e+r}{R_m}\right)^2 = \frac{M_e}{M_m}$$

$$\xrightarrow{\frac{M_e}{M_m}=81} \frac{R_e+r}{R_m} = 9 \xrightarrow{R_m=\frac{1}{4}R_e} r = 1/25R_e$$

۲) نمودار نقش موجی در یک لحظه مشخص مطابق شکل زیر است. اگر سرعت انتشار موج $۱۰\frac{cm}{s}$ باشد، موج در چند ثانیه از نقطه A به نقطه B می‌رود؟



۱) $\frac{۶}{۵}$
۲) $\frac{۸}{۶}$
۳) $\frac{۷}{۶}$
۴) $\frac{۵}{۴}$

پاسخ: گزینه ۴

مطابق شکل زیر فاصله نقطه B از نقطه C برابر $\frac{\lambda}{۸}$ است (چرا؟) پس فاصله افقی دو نقطه B و A برابر است با:

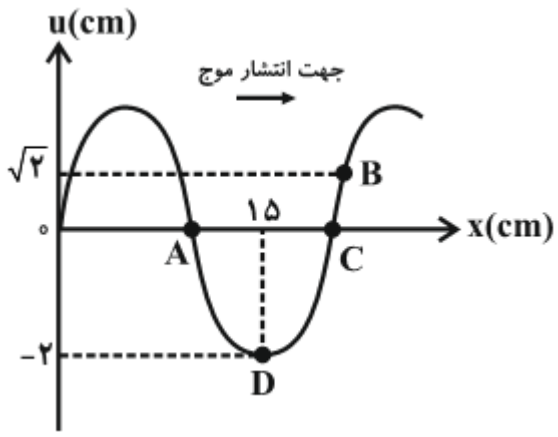
$$\overline{AB} = \frac{\lambda}{۲} + \frac{\lambda}{۸} = \frac{۵\lambda}{۸}$$

از طرفی با توجه به فاصله نقطه D از مبدأ موج داریم:

$$\frac{۳\lambda}{۴} = ۱۵cm \Rightarrow \lambda = ۲۰cm$$

پس زمان رسیدن موج از A به B برابر است با:

$$t = \frac{\overline{AB}}{v} = \frac{۵\times۲۰}{۸\times۱۰} = \frac{۵}{۴}s$$



③ نوسانگر هماهنگ ساده‌ای که روی محور x حرکت کند، هر سه نوسان کامل را در نیم دقیقه انجام می‌دهد. در کدام‌یک از لحظات زیر برحسب ثانیه، تندی بیشینه و حرکت نوسانگر در جهت محور x است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۵
۳) ۷/۵ ۴) ۱۰

پاسخ: گزینه ۳

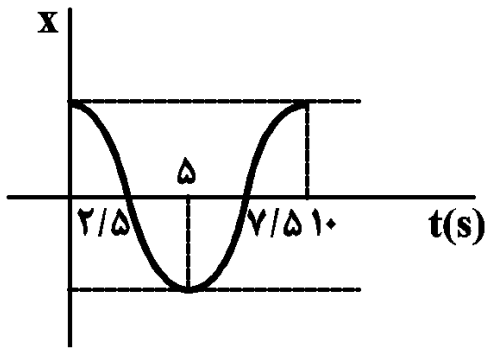
گزینه «۳»

چون نوسانگر سه نوسان کامل را در نیم دقیقه انجام می‌دهد، می‌توان نوشت:

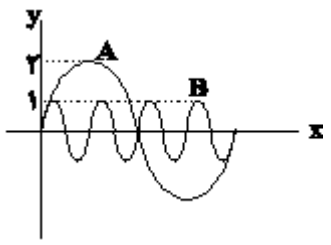
$$\begin{cases} N = ۳ \\ t = ۰/۵\,min = ۳۰s \end{cases}$$

$$T = \frac{t}{N} = \frac{۳۰}{۳} = ۱۰s$$

می‌دانیم هنگامی که نوسانگر از مبدأ مختصات ($x = ۰$) عبور می‌کند، تندی آن بیشینه است. از طرفی طبق نمودار مکان ـ زمان رسم شده می‌توان دید که در لحظه $t = ۷/۵s$، تندی متحرک بیشینه و حرکت آن در جهت محور ($v > ۰$) است.



④ در شکل زیر دو موج صوتی A و B در یک محیط منتشر می‌شوند. در یک فاصله یکسان از هر دو چشمه موج کدام گزینه در مورد تراز شدت صوت این دو موج صحیح است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$)



۱) تراز شدت صوت ۶A دسی‌بل کم‌تر از تراز شدت صوتB است.
۲) تراز شدت صوت ۶۰ B دسی‌بل کم‌تر از تراز شدت صوت A است.
۳) تراز شدت صوت ۶۰A دسی‌بل کم‌تر از تراز شدت صوت B است.
۴) تراز شدت صوت ۶ B دسی‌بل کم‌تر از تراز شدت صوت A است.

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

با توجه به این‌که دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند بنابراین تندی انتشار آن‌ها یکسان است؛ از روی نمودار طول موج‌ها را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم:

$$\frac{\lambda_A}{۲} = ۲\lambda_B$$

$$v_A = v_B \xrightarrow[\lambda_A = ۴\lambda_B]{v=\lambda f} f_B = ۴f_A$$

$$\Delta\beta = ۱۰\log\frac{I_A}{I_B} \Rightarrow \Delta\beta = ۱۰\log\left(\left(\frac{A_A}{A_B}\right)^۲\left(\frac{f_A}{f_B}\right)^۲\left(\frac{r_B}{r_A}\right)^۲\right)$$

$$= ۱۰\log\left(۲^۲ \times \left(\frac{۱}{۴}\right)^۲\right) = ۱۰\log\left(۲^{-۲}\right) = -۲۰\log ۲$$

$$\xrightarrow{\log ۲=۰/۳} \Delta\beta = \beta_A - \beta_B = -۶dB$$

⑤ در یک حرکت هماهنگ ساده اگر در لحظه‌ای که انرژی جنبشی نوسانگر با انرژی پتانسیل کشسانی آن برابر می‌شود، تندی نوسانگر برابر با $۰/۳\sqrt{۲}\frac{m}{s}$ باشد، بیشینه تندی نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟

۱) ۰/۶ **۲)** ۶۰
۳) $۰/۳\sqrt{۲}$ **۴)** $۳۰\sqrt{۲}$

پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

در حرکت هماهنگ ساده، داریم:

$$E = K + U \xrightarrow{K=U} E = ۲K \Rightarrow \frac{۱}{۲}mv_{max}^۲ = ۲\left(\frac{۱}{۲}mv^۲\right)$$

$$\Rightarrow v_{max} = v\sqrt{۲} \Rightarrow v_{max} = ۰/۳\sqrt{۲} \times \sqrt{۲} \Rightarrow v_{max} = ۰/۶\frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow v_{max} = ۶۰\frac{cm}{s}$$

⑥ در یک ساعت کوکی از یک نوسانگر وزنه – فنر برای جلو بردن عقربه ثانیه‌شمار استفاده شده است، به‌طوری که در هر یک نوسان کامل وزنه – فنر، عقربه ثانیه‌شمار یک ثانیه جلو می‌رود. کدام گزینه در مورد این ساعت درست است؟

۱) اگر جرم وزنه را افزایش دهیم، ساعت جلو می‌افتد.
۲) اگر ضریب سختی فنر را کاهش دهیم، ساعت جلو می‌افتد.
۳) اگر جرم وزنه را کاهش دهیم ساعت عقب می‌افتد.
۴) اگر ضریب سختی فنر را کاهش دهیم ساعت عقب می‌افتد.

پاسخ: گزینه ۴

گزینه «۴»

در یک ساعت اگر عقربه کندتر از حالت معمول حرکت کند، ساعت عقب می‌افتد و اگر عقربه تندتر از حالت معمول حرکت کند، ساعت جلو می‌افتد.

اگر دوره نوسان‌های وزنه – فنر کاهش یابد، نوسان سریع‌تر انجام می‌شود. بنابراین عقربه ثانیه‌شمار تندتر حرکت می‌کند و ساعت جلو می‌افتد.

اگر دوره نوسان‌های وزنه – فنر افزایش یابد، نوسان کندتر انجام می‌شود. بنابراین عقربه کندتر حرکت می‌کند و ساعت عقب می‌افتد.

در نوسانگر وزنه – فنر $T = ۲\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ است. بنابراین:

گزینه «۱» غلط است: m افزایش یابد ⇐ ساعت عقب می‌افتد.

گزینه «۲» غلط است: k کاهش یابد ⇐ ساعت عقب می‌افتد.

به همین ترتیب گزینه «۳» غلط است و گزینه «۴» صحیح است.

⑦ آونگ ساده کم‌دامنه‌ای به طول L روی سطح زمین حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر طول آونگ ۹۶ درصد افزایش یابد، دوره تناوب آونگ چند برابر می‌شود؟

۱) $\frac{۴۹}{۲۵}$
۲) $\frac{۲۵}{۴۹}$
۳) $\frac{۷}{۵}$
۴) $\frac{۵}{۷}$

پاسخ: گزینه ۳

گزینه «۳»

مطابق رابطه دوره تناوب آونگ ساده کم‌دامنه، داریم:

$$T = ۲\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \Rightarrow \frac{T_۲}{T_۱} = \sqrt{\frac{L_۲}{L_۱}}$$

$$\xrightarrow{L_۲=۱/۹۶L_۱} \frac{T_۲}{T_۱} = \sqrt{۱/۹۶} = ۱/۴ = \frac{۷}{۵}$$

⑧ نوسانگری روی پاره‌خطی به طول ۱۴cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر کمترین بازه زمانی بین لحظه‌هایی که تندی نوسانگر صفر و بیشینه است، برابر با ۰/۵s باشد، در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر ۱۵ برابر انرژی جنبشی آن است، تندی نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ ($\pi = ۳$)

۱) ۲۱
۲) ۱۰/۵
۳) ۵/۲۵
۴) ۲/۶۲۵

پاسخ: گزینه ۳

گزینه «۳»

دامنه نوسان‌های این نوسانگر برابر است با: $A = \frac{L}{۲} = \frac{۱۴}{۲} = ۷cm$

کم‌ترین مدت زمانی که طول می‌کشد تا تندی نوسانگر از مقدار بیشینه خود (نقطه تعادل) به صفر (انتهای مسیر) برسد، برابر با $\frac{T}{۴}$ است.

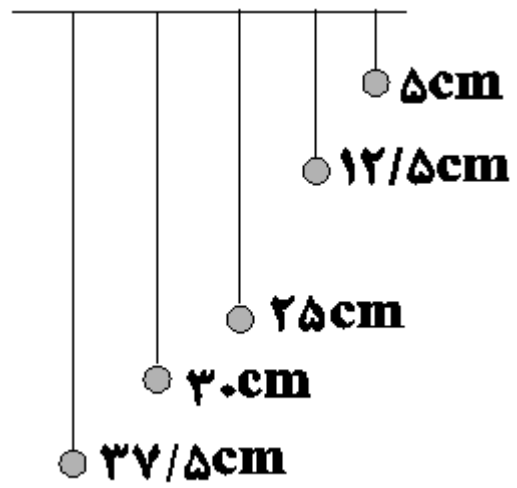
بنابراین: $\frac{T}{۴} = ۰/۵ \Rightarrow T = ۲s$

با استفاده از رابطه انرژی مکانیکی یک نوسانگر هماهنگ ساده، داریم:

$$E = K + U \xrightarrow{U=۱۵K} E = K + ۱۵K \Rightarrow E = ۱۶K$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{۲}m\omega^۲A^۲ = ۱۶ \times \frac{۱}{۲}mv^۲ \Rightarrow v = \frac{\omega A}{۴} = \frac{۲\pi A}{۴T} \Rightarrow v = \frac{۳\times۷}{۲\times۲} = ۵/۲۵\frac{cm}{s}$$

⑨ در شکل زیر، پنج آونگ ساده از میله‌ای افقی آویزان هستند. اگر میله نوسان‌هایی افقی و با گسترهٔ بسامد زاویه‌ای بین $۵\frac{rad}{s}$ تا $۱۰\frac{rad}{s}$ انجام دهد، چه تعداد از آونگ‌ها به‌شدت به نوسان درمی‌آیند؟ ($g = ۱۰\frac{N}{kg}$)



۱) ۴
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۱

پاسخ: گزینه ۱

گزینهٔ «۱»

اگر بسامد نوسان‌های میله با بسامد آونگ‌ها برابر باشد، در آونگ‌ها تشدید رخ می‌دهد و به شدت به نوسان درمی‌آیند. بنابراین طول آونگ‌هایی را که با بسامد زاویه‌ای بین $\omega_۱ = ۵\frac{rad}{s}$ و $\omega_۲ = ۱۰\frac{rad}{s}$ نوسان می‌کنند، به‌دست می‌آوریم:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}} \Rightarrow \omega_۱ = \sqrt{\frac{g}{\ell_۱}} \Rightarrow ۵ = \sqrt{\frac{۱۰}{\ell_۱}} \Rightarrow \ell_۱ = ۴۰\,cm$$

$$\omega_۲ = \sqrt{\frac{g}{\ell_۲}} \Rightarrow ۱۰ = \sqrt{\frac{۱۰}{\ell_۲}} \Rightarrow \ell_۲ = ۱۰cm$$

پس در آونگ‌هایی که طول آن‌ها بین ۱۰ cm تا ۴۰ cm است، تشدید رخ می‌دهد که مجموعاً ۴ آونگ این شرط را دارا هستند.

⑩ کدام‌یک از موارد زیر از کاربردهای دستگاه لیتوترپسی است؟

۱) ثبت صداهای ضعیف
۲) شکستن سنگ‌های کلیه با کمک بازتابنده‌های بیضوی
۳) تعیین تندی خودروها با استفاده از مکان‌یابی پژواکی امواج الکترومغناطیسی
۴) تعیین تندی شارش خون با استفاده از مکان‌یابی پژواکی امواج فراصوت

پاسخ: گزینه ۲

گزینهٔ «۲»

از دستگاه لیتوتریپسی برای شکستن سنگ‌های کلیه با کمک بازتابنده‌های بیضوی استفاده می‌شود.

⑪ کدام گزینه در مورد امواج صوتی منتشر شده در یک محیط صحیح نیست؟

۱) در این امواج راستای انتشار موج بر امتداد ارتعاش ذرات محیط منطبق است.
۲) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط به عنوان طول‌موج تعریف می‌شود.
۳) سرعت انتشار امواج صوتی علاوه بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد.
۴) این امواج در یک محیط همگن، با سرعت ثابت منتشر می‌شوند.

پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

در امواج صوتی که از نوع طولی هستند، فاصله بین دو تراکم و یا دو انبساط متوالی به عنوان طول‌موج تعریف می‌شود.

⑫ در شکل زیر، چشمه صوتی با تندی ثابت به سمت راست در حرکت است. اگر بسامدی را که ناظرهای ساکن (۱)، (۲) و (۳) دریافت می‌کنند به ترتیب f_1 و f_2 و f_3 و بسامد چشمه صوت را f_s بنامیم، کدام گزینه صحیح است؟

۱) $f_1 > f_2 > f_s > f_3$
۲) $f_1 = f_2 < f_s < f_3$
۳) $f_2 > f_1 > f_s > f_3$
۴) $f_1 = f_2 > f_s > f_3$

پاسخ: گزینه ۴

چون تندی چشمه ثابت است، بسامد صوتی که ناظرهای ساکن (۱) و (۲) دریافت می‌کنند، یکسان است. ضمناً چون چشمه صوت به این دو ناظر نزدیک می‌شود، بسامدی که دریافت می‌کنند بیشتر از بسامد چشمه است.

از طرفی چون چشمه صوت از ناظر (۳) دور می‌شود، بسامدی که این ناظر دریافت می‌کند، کمتر از بسامد چشمه است.

$f_1 = f_2 > f_s > f_3$

(۱۳) نیروی کششی سیم مسی A دو برابر نیروی کششی سیم مسی B است. اگر قطر سطح مقطع سیم مسی A نصف قطر سطح مقطع سیم مسی B باشد، سزعت انتشار امواج عرضی در سیم A چند برابر سرعت انتشار امواج عرضی در سیم B است؟

۱) $۲\sqrt{۲}$ ۲) $\frac{\sqrt{۲}}{۴}$ ۳) $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ ۴) $\sqrt{۲}$

پاسخ: گزینه ۱

گزینه ۱

برای سرعت انتشار امواج عرضی در سیم کشیده شده، داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} = \sqrt{\frac{۴F}{\rho \pi D^{۲}}}$$

$$\Rightarrow v = \frac{۲}{D}\sqrt{\frac{F}{\rho \pi}} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{D_B}{D_A} \times \sqrt{\frac{F_A}{F_B} \times \frac{\rho_B}{\rho_A}}$$

$$\xrightarrow[F_A = ۲F_B]{\rho_A = \rho_B \ , \ D_A = \frac{۱}{۲}D_B} \frac{v_A}{v_B} = \frac{۲D_A}{D_A} \times \sqrt{\frac{۲F_B}{F_B} \times ۱} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = ۲\sqrt{۲}$$

(۱۴) در نقطه‌ای به فاصله ۲۰ متر از یک چشمه صوتی نقطه‌ای، تراز شدت صوت ۴۰ دسی‌بل است. اگر توان چشمه صوتی را ۱۶ برابر کنیم، در چه فاصله‌ای از چشمه صوت برحسب متر، تراز شدت صوت ۲۰ دسی‌بل خواهد بود؟ (از جذب انرژی توسط محیط صرف‌نظر می‌شود.)

۱) ۴۰ ۲) ۸۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۸۰۰

پاسخ: گزینه ۴

$$\left.\begin{array}{l} \beta_۱ = ۱۰ \log \frac{I_۱}{I_۰} \\ \beta_۲ = ۱۰ \log \frac{I_۲}{I_۰} \end{array}\right\} \Rightarrow \beta_۱ - \beta_۲ = ۱۰(\log \frac{I_۱}{I_۰} - \log \frac{I_۲}{I_۰}) = ۱۰(\log \frac{I_۱}{I_۲})$$

$$\Rightarrow \beta_۱ - \beta_۲ = ۱۰ \log(\frac{\frac{P_۱}{d_۱^{۲}}}{\frac{P_۲}{d_۲^{۲}}})$$

$$\xrightarrow[\beta_۱ = ۴۰dB \ , \ \beta_۲ = ۲۰dB]{d_۱ = ۲۰m \ , \ P_۲ = ۱۶P_۱} ۲۰ = ۱۰ \log \frac{d_۲^{۲}}{۲۰^{۲} \times ۱۶}$$

$$\Rightarrow ۱ = \log \frac{d_۲}{۲۰ \times ۴} \Rightarrow d_۲ = ۸۰۰m$$

⑮ شنونده ای در فاصله ی r_1 از یک منبع صوت نقطه ای قرار دارد. اگر شنونده به منبع صوت نزدیک شود، در فاصله ی r_2، شدت صوت و تراز شدت صوتی که می شنود به ترتیب نسبت به حالت قبل ۴ و ۱/۱ برابر می شود. در محل اول، شدت صوتی که شنونده می شنود چند برابر شدت صوت مبنا بوده است؟ $(\log 2 = 0/3)$

۱) ۶۰ **۲)** ۶۶ **۳)** 10^{-6} **۴)** 10^{6}

پاسخ: گزینه ۴

گزینه ۴

با استفاده از رابطه ی اختلاف دو تراز شدت صوت، داریم:

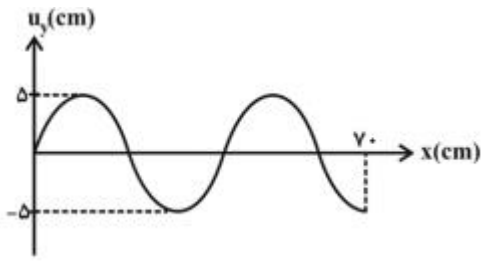
$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \xrightarrow[I_2=4I_1]{\beta_2=1/1\beta_1} 1/1\beta_1 - \beta_1 = 10 \log \frac{4I_1}{I_1}$$

$$\Rightarrow 0/1\beta_1 = 20 \log 2 \xrightarrow{\log 2=0/3} \beta_1 = 60dB$$

با استفاده از تعریف تراز شدت صوت، می توان نوشت:

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow 60 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \frac{I_1}{I_0} = 10^{6}$$

⑯ مطابق شکل زیر، نقش یک موج عرضی در یک طناب داده شده است. حداکثر سرعت نوسان هر ذره از محیط چند برابر انتشار موج است؟



۱) $\frac{\pi}{8}$
۲) $\frac{\pi}{4}$
۳) $\frac{\pi}{2}$
۴) باید بسامد ارتعاشات منبع موج داده شود.

پاسخ: گزینه ۲

گزینه ۲

از روی نمودار طول موج را به دست می آوریم، داریم:

$$\frac{7\lambda}{4} = 70 \Rightarrow \lambda = 40cm$$

$$V_{max} = A\omega = \frac{2\pi A}{T}, \; V_{انتشار} = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \frac{V_{max}}{V_{انتشار}} = \frac{2\pi A}{\lambda}$$

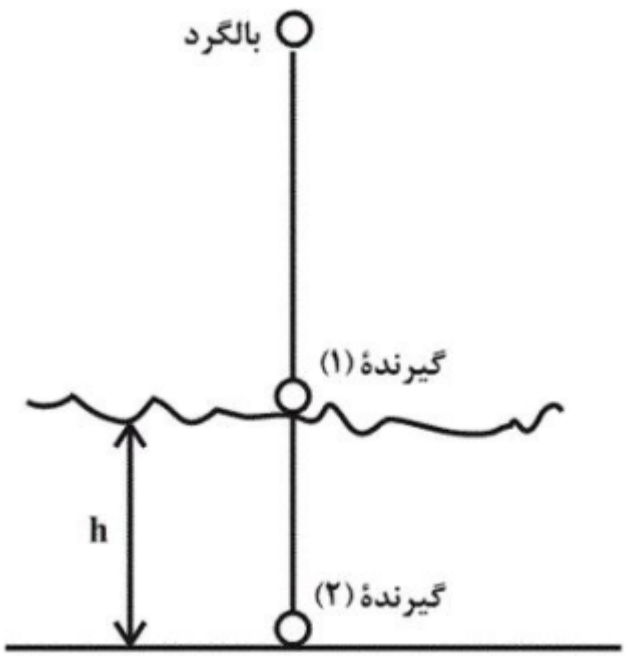
$$\xrightarrow[\lambda=40cm]{A=5cm} \frac{V_{max}}{V_{انتشار}} = \frac{\pi}{4}$$

۱۷) امواج الکترومغناطیسی منتشر شده از یک بالگرد به دو گیرنده که یکی در سطح آب و دیگری در کف دریا قرار دارند، می‌رسد. اگر بالگرد و دو گیرنده در یک امتداد عمودی قرار داشته باشند و دو گیرنده یک قله موج ارسالی از فرستنده را با فاصله زمانی ۲۰μs دریافت کنند، عمق دریا چند کیلومتر است؟($\frac{\text{تندی امواج در دریا}}{\text{تندی امواج در هوا}} = \frac{۳}{۴}$ و $c = ۳ \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$)

۱) ۸ ۲) ۴/۵ ۳) ۶ ۴) ۱/۵

پاسخ: گزینه ۲

گزینه ی «۲»



موجی که توسط بالگرد (فرستنده) منتشر می‌شود، ابتدا به گیرنده (۱) رسیده و سپس عمق دریا را طی کرده و به گیرنده (۲) می‌رسد.

$$\frac{c}{v_{آب}} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow \frac{۳\times۱۰^{۸}}{v_{آب}} = \frac{۴}{۳} \Rightarrow v_{آب} = \frac{۳\times۳\times۱۰^{۸}}{۴} = \frac{۹}{۴} \times ۱۰^{۸} \frac{m}{s}$$

اختلاف زمانی رسیدن قله موج، به دلیل طی شدن عمق دریا به وجود می‌آید. بنابراین:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = v\Delta t \Rightarrow h = \frac{۹}{۴} \times ۱۰^{۸} \times ۲۰ \times ۱۰^{-۶}$$

$$\Rightarrow h = ۴۵۰۰m \Rightarrow h = ۴/۵km$$

۱۸) یک تشت موج از دو قسمت کم عمق به عمق ۵ cm و عمیق‌تر به عمق ۷cm تشکیل شده است. یک منبع موج امواجی با دوره $T = ۱s$ ایجاد می‌کند. طول موج در قسمت کم عمق ۵۰ cm و در قسمت دیگر ۶۰ cm می‌شود. تندی انتشار موج سطحی در قسمت کم‌عمق چند برابر قسمت عمیق‌تر است؟

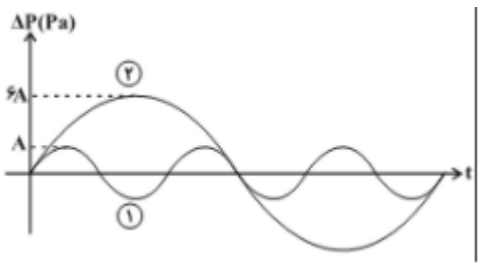
۱) $\frac{۵}{۶}$ ۲) $\frac{۶}{۵}$ ۳) $\frac{۷}{۵}$ ۴) $\frac{۵}{۷}$

پاسخ: گزینه ۱

گزینه «۱»

طبق رابطه $\lambda = vT$، با ثابت بودن دوره، طول موج با تندی انتشار نسبت مستقیم دارد. بنابراین می‌توان نوشت: $\frac{۵}{۶} = \frac{۵۰}{۶۰} = \frac{\lambda_۱}{\lambda_۲} = \frac{v_۱}{v_۲}$

(۱۹) امواج صوتی حاصل از ارتعاشات دو چشمه‌ی صوتی نقطه‌ای (۱) و (۲) به نقطه‌ی P که به‌ترتیب در فاصله‌های d و ۴d از چشمه‌ها قرار دارد، می‌رسند. اگر نمودارهای نوسان ذره‌ی واقع در نقطه‌ی P تنها تحت اثر مستقل امواج (۱) و (۲) مطابق شکل مقابل باشد، در این نقطه اختلاف تراز شدت دو صوت چند دسی‌بل است؟ ($\log ۲ = ۰/۳$)



۱) ۶
۲) ۳
۳) ۹
۴) ۲

پاسخ: گزینه ۱

با توجه به نمودارهای صورت سؤال و فرض مسئله داریم:

$$A_۲ = ۶A_۱ \ , \ d_۲ = ۴d_۱ \ , \ T_۲ = ۳T_۱ \xrightarrow{f=\frac{۱}{T}} f_۱ = ۳f_۲$$

با توجه به رابطه‌ی مقایسه‌ای برای شدت صوت، داریم:

$$\frac{I_۱}{I_۲} = \left(\frac{f_۱}{f_۲}\right)^۲ \times \left(\frac{A_۱}{A_۲}\right)^۲ \times \left(\frac{d_۲}{d_۱}\right)^۲$$

$$\Rightarrow \frac{I_۱}{I_۲} = \left(\frac{۳f_۲}{f_۲}\right)^۲ \times \left(\frac{A_۱}{۶A_۱}\right)^۲ \times \left(\frac{۴d_۱}{d_۱}\right)^۲ = ۲^۲$$

برای محاسبه‌ی اختلاف تراز شدت دو صوت، داریم:

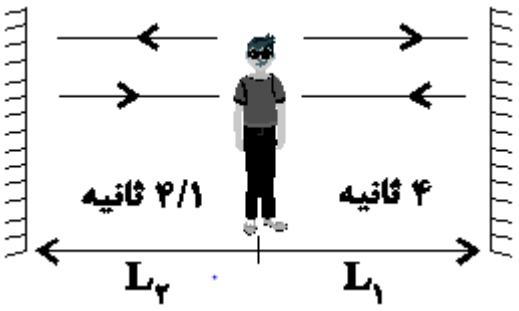
$$\beta_۱ - \beta_۲ = ۱۰ \log \frac{I_۱}{I_۲} = ۱۰ \log ۲^۲ = ۲۰ \log ۲ = ۲۰ \times ۰/۳ = ۶(dB)$$

(۲۰) فردی بین دو صخره ایستاده است و فریاد می‌زند. اگر اولین پژواک صدای خود را بعد از ۴ ثانیه دریافت کند. حداقل فاصله بین دو صخره چندمتر باشد تا او صدای حاصل از پژواک اول و دوم را مستقل از هم بشنود؟ (تندی صوت در هوا را $۳۴۰\frac{m}{s}$ درنظر بگیرید.)

۱) ۱۳۴۳ **۲)** ۱۳۶۰ **۳)** ۱۳۷۷ **۴)** ۱۳۹۴

پاسخ: گزینه ۳

گزینهٔ «۳»



ما می‌دانیم به شرطی پژواک اول و پژواک دوم به‌صورت مستقل شنیده می‌شود که اختلاف زمانی رسیدن آن‌ها به شنونده حداقل ۰/۱S باشد.

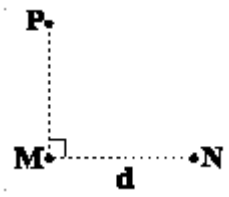
$\Delta x = v\Delta t$

$۲L_۱ = ۳۴۰ \times ۴ \Rightarrow L_۱ = ۶۸۰m$

$۲L_۲ = ۳۴۰ \times ۴/۱ \Rightarrow L_۲ = ۶۹۷m$

$\xrightarrow[\text{دوصخره}]{\text{حداقل فاصلهٔ بین}} L_۱ + L_۲ = ۶۸۰ + ۶۹۷ = ۱۳۷۷m$

(۲۱) مطابق شکل زیر دو ایستگاه رادیویی M و N به فاصلهٔ d از یکدیگر قرار دارند و هر یک سیگنالی را گسیل می‌کنند. اگر گیرندهٔ P که در فاصلهٔ ۹km از ایستگاه M قرار دارد، این دو سیگنال را با اختلاف زمانی ۲۰μs دریافت کند، آنگاه فاصلهٔ ایستگاه M از N چندکیلومتر است؟ $(c = ۳ \times ۱۰^{۵} \frac{km}{s})$



۱) ۱۵ ۲) ۱۲

۳) ۹ ۴) ۶

پاسخ: گزینه ۲

گزینهٔ «۲»

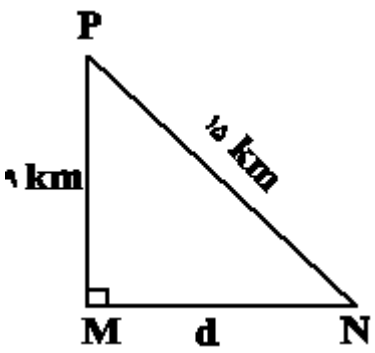
ابتدا باید فاصلهٔ ایستگاه N از گیرندهٔ P را به‌دست آورد و سپس با توجه به رابطهٔ فیثاغورس فاصلهٔ ایستگاه M از N را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta t = t_{PN} - t_{PM} \xrightarrow{c=\frac{x}{t}} \Delta t = \frac{x_{PN}}{c} - \frac{x_{PM}}{c}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{x_{PN} - x_{PM}}{c}$$

$$\xrightarrow[c=۳\times۱۰^{۸}\frac{m}{s}]{\Delta t=۲۰\times۱۰^{-۶}s\ ,\ x_{PM}=۹۰۰۰m} ۲۰ \times ۱۰^{-۶} = \frac{x_{PN} - ۹۰۰۰}{۳\times۱۰^{۸}}$$

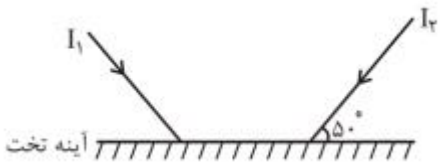
$$\Rightarrow x_{PN} = ۱۵۰۰۰m$$



$$PN^{۲} = PM^{۲} + MN^{۲} \Rightarrow MN = \sqrt{PN^{۲} - PM^{۲}}$$

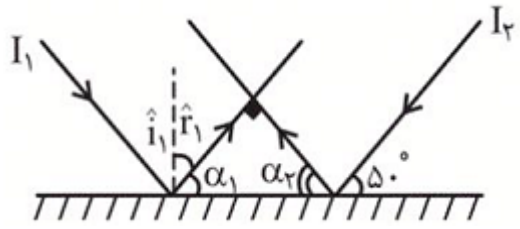
$$\sqrt{۱۵۰۰۰^{۲} - ۹۰۰۰^{۲}} = \sqrt{۱۴۴ \times ۱۰^{۶}} = ۱۲ \times ۱۰^{۳}m = ۱۲km$$

(۲۲) در شکل زیر، زاویه بین پرتوهای بازتاب با یکدیگر برابر ۹۰° است. زاویه تابش پرتوی I_1 چند درجه است؟



۱) ۳۰°
۲) ۴۰°
۳) ۴۵°
۴) ۵۰°

پاسخ: گزینه ۴



در شکل مقابل، پرتوهای بازتاب رسم شده‌اند. طبق گفته سؤال، زاویه بین این پرتوها ۹۰° است.

طبق قوانین بازتاب زاویه α_2 برابر با ۵۰° است. پس در مثلث ایجاد شده توسط پرتوهای بازتاب می‌توان نوشت:

$$\alpha_1 + 90^\circ + 50^\circ = 180^\circ \Rightarrow \alpha_1 = 40^\circ$$

از طرفی طبق قانون بازتاب، داریم:

$$\hat{r}_1 + 40^\circ = 90^\circ \Rightarrow \hat{r}_1 = 50^\circ \Rightarrow \hat{i}_1 = \hat{r}_1 = 50^\circ$$

(۲۳) چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

- ضریب شکست هر محیطی برای نورهای مختلف به طول‌موج نور بستگی دارد.
- ضریب شکست یک محیط معین شفاف مثل شیشه برای طول‌موج‌های کوتاه‌تر، بیش‌تر است.
- ضریب شکست منشور برای نور سبز بیش‌تر از ضریب شکست منشور برای نور آبی است.
- در داخل منشور، تندی نور بنفش بیش‌تر از تندی نور قرمز است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینه ۱

بررسی موارد مطرح شده:

- ضریب شکست هر محیطی به‌جز خلأ به طول‌موج نور بستگی دارد.
- مورد دوم صحیح است.
- طول‌موج نور سبز بیش‌تر از نور آبی است پس ضریب شکست برای نور سبز کم‌تر از آبی است.
- در داخل منشور، تندی نور بنفش کم‌تر از نور قرمز است زیرا طول‌موج نور بنفش کم‌تر از طول‌موج نور قرمز است.

(۲۴) اگر بخواهیم تراز شدت صوتی ۲/۴B افزایش یابد، دامنه‌ی نوسان‌های این صوت را باید چند برابر کنیم؟($\log ۲ = ۰/۳$ و از اتلاف انرژی در محیط صرف‌نظر کنید.)$$

۱) ۸ ۲) ۱۶ ۳) ۳۲ ۴) ۲

پاسخ: گزینه ۲

گزینه‌ی «۲»

با استفاده از تعریف تراز شدت صوت و رابطه‌ی شدت یک صوت با دامنه‌ی موج صوتی، داریم:

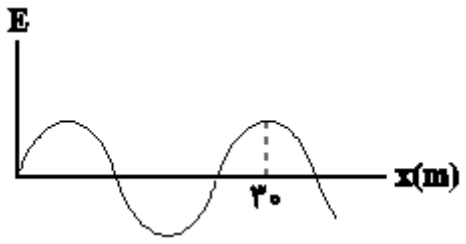
$$\Delta\beta = \log \frac{I_۲}{I_۱} = \log \left(\frac{A_۲}{A_۱}\right)^۲ \Rightarrow ۲/۴ = ۲ \log \frac{A_۲}{A_۱}$$

$$\Rightarrow ۱/۲ = \log \frac{A_۲}{A_۱} \Rightarrow ۰/۳ \times ۴ = \log \frac{A_۲}{A_۱} \Rightarrow ۴ \times \log ۲ = \log \frac{A_۲}{A_۱}$$

$$\Rightarrow ۲^۴ = \frac{A_۲}{A_۱} \Rightarrow \frac{A_۲}{A_۱} = ۱۶$$

(۲۵) نمودار میدان الکتریکی برحسب مکان یک موج الکترومغناطیسی که در راستای محور x ها در یک محیط شفاف به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ در حال انتشار است مطابق شکل زیر است، دوره انتشار این موج در خلأ و برحسب واحدهای SI کدام است؟

($\varepsilon_۰$ و $\mu_۰$ به‌ترتیب ضریب گذردهی الکتریکی خلأ و تراوایی مغناطیسی خلأ در SI هستند.)



۱) $۱۸\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}$ ۲) $\frac{۱۸}{\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}}$

۳) $\frac{۱}{۳۲\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}}$ ۴) $۳۲\sqrt{\mu_۰ \varepsilon_۰}$

پاسخ: گزینه ۴

بسامد به ویژگی‌های چشمه‌موج بستگی دارد و با تغییر محیط ثابت است بنابراین بسامد موج در محیط شفاف با بسامد موج در خلأ برابر است. با توجه به نمودار طول موج را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{۵\lambda}{۴} = ۳۰ \Rightarrow \lambda = ۲۴m$$

اکنون تندی را در محیط شفاف به‌دست می‌آوریم، با توجه به رابطه تندی موج الکترومغناطیسی در خلأ داریم:

$$v = \frac{c}{n} \xrightarrow[n=\frac{۴}{۳}]{c=\frac{۱}{\sqrt{\varepsilon_۰ \mu_۰}}} v = \frac{۳}{۴} \frac{۱}{\sqrt{\varepsilon_۰ \mu_۰}}$$

حال با توجه به رابطه طول موج با تندی انتشار، بسامد انتشار موج برابر است با:

$$v = \lambda f \xrightarrow[\lambda=۲۴m]{v=\frac{۳}{۴}\frac{۱}{\sqrt{\varepsilon_۰ \mu_۰}}} f = \frac{v}{\lambda} = \frac{۱}{۳۲\sqrt{\varepsilon_۰ \mu_۰}}$$

$$\xrightarrow{T=\frac{۱}{f}} T = ۳۲\sqrt{\varepsilon_۰ \mu_۰}$$

(۲۶) هنگامی‌که یک پرتوی نور تک‌رنگ از محیط شفافA وارد محیط شفاف B می‌شود، فاصله دو جبهه موج متوالی ۲۰ درصد افزایش می‌یابد و اگر همین پرتوی نور از محیط شفافB وارد محیط شفافC شود، فاصله دو جبهه موج متوالی ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. ضریب شکست محیط شفافA چند برابر ضریب شکست محیط شفاف C است؟

۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) ۱ ۴) $\frac{۲۴}{۲۵}$

پاسخ: گزینه ۴

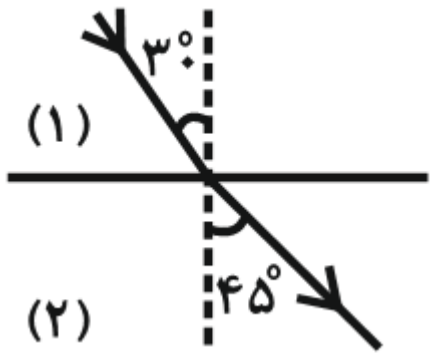
گزینه «۴»

$$\left.\begin{aligned}\lambda_B &= \lambda_A + ۰/۲\lambda_A = ۱/۲\lambda_A\\ \lambda_C &= \lambda_B - ۰/۲\lambda_B = ۰/۸\lambda_B\end{aligned}\right\} \Rightarrow \lambda_C = ۰/۹۶\lambda_A$$

$$\xrightarrow[f_C=f_A]{v=\lambda f} v_C = ۰/۹۶v_A$$

$$v = \frac{c}{n} \Rightarrow \frac{v_C}{v_A} = \frac{n_A}{n_C} = \frac{۲۴}{۲۵}$$

(۲۷) در شکل زیر زاویه تابش را چند درصد افزایش دهیم تا پرتو شکست مماس بر سطح تماس دو محیط وارد محیط (۲) شود؟



۱) ۳۰
۲) ۴۵
۳) ۵۰
۴) ۵۲

پاسخ: گزینه ۳

گزینهٔ «۳»

با توجه به زاویه تابش و شکست در مرز دو محیط، خواهیم داشت:

$$n_۱ \sin \hat{i} = n_۲ \sin \hat{r} \xrightarrow[\hat{r}=۴۵^\circ]{\hat{i}=۳۰^\circ} n_۱ \sin ۳۰^\circ = n_۲ \sin ۴۵^\circ$$

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

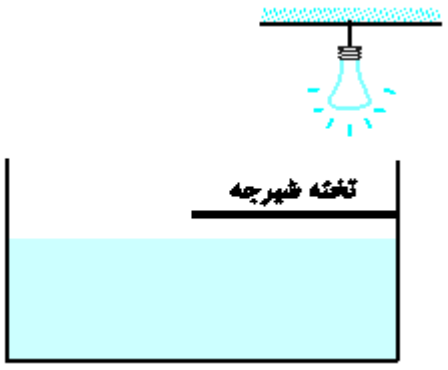
برای این‌که پرتو شکست مماس بر سطح تماس دو محیط وارد محیط (۲) شود باید زاویه تابش آن برابر با زاویه حد دو محیط باشد. بنابراین داریم:

$$\sin \hat{i}_C = \frac{n_۲}{n_۱} = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \Rightarrow \hat{i}_C = ۴۵^\circ$$

در نتیجه درصد افزایش زاویه تابش برابر است با:

$$\frac{\hat{i}_C - \hat{i}}{\hat{i}} \times ۱۰۰ = \frac{۴۵^\circ - ۳۰^\circ}{۳۰^\circ} \times ۱۰۰ = ۵۰$$

(۲۸) در شکل زیر، سایه تخته شیرجه در کف استخر، هنگام پُر بودن استخر از آب در مقایسه با هنگام خالی بودن استخر از آب، چگونه است؟

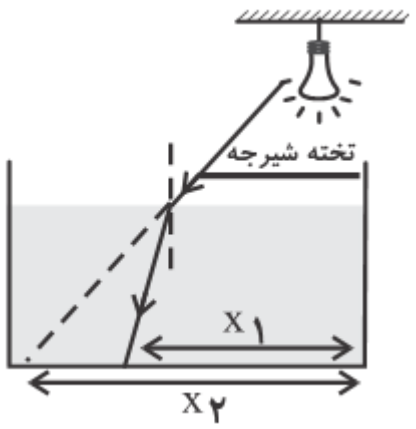


۱) کوتاه‌تر
۲) بلندتر
۳) برابر هم
۴) بستگی به فاصله تخته تا سطح آب دارد.

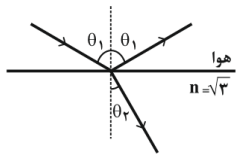
پاسخ: گزینه ۱

نور هنگام ورود از محیط رقیق به محیط غلیظ به خط عمود بر سطح جدا کننده نزدیک می‌شود.

$$\left.\begin{array}{l} x_1 = \text{طول سایه با آب} \\ x_2 = \text{طول سایه بدون آب} \end{array}\right\} \Rightarrow x_2 > x_1$$



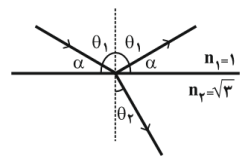
(۲۹) در شکل زیر، پرتوی نوری به‌طور مایل به سطح جدایی دو محیط می‌تابد که بخشی وارد محیط دوم شده و بخشی دیگر به محیط اول باز می‌گردد. اگر زاویه تابش ۲ برابر زاویه بین پرتو بازتاب و سطح جدایی دو محیط باشد، زاویه شکست چند درجه است؟



۱) ۹۰
۲) ۶۰
۳) ۴۵
۴) ۳۰

پاسخ: گزینه ۴

گزینه «۴»



اگر زاویه تابش (θ_1) دو برابر زاویه بین پرتو بازتاب و سطح جدایی دو محیط (α) باشد، داریم:

$$\theta_1 + \alpha = 90^\circ \Rightarrow \theta_1 + \frac{1}{2}\theta_1 = 90^\circ \Rightarrow \theta_1 = 60^\circ$$

طبق قانون شکست اسنل می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$\Rightarrow \sin 60^\circ = \sqrt{3}\sin\theta_2 \xrightarrow{\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}} \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}\sin\theta_2$$
$$\Rightarrow \sin\theta_2 = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

(۳۰) خودرویی بین دو صخره با تندی ثابت $۲۰\frac{m}{s}$ بر روی خط راست درحال حرکت است. حداقل فاصله دو صخره از یکدیگر چند متر باشد، تا اگر راننده در وسط فاصله بین دو صخره بوق بزند، پژواک را از دو صخره به‌طور مجزا بشنود؟ ($v_{صوت} = ۳۴۰\frac{m}{s}$)

۱) ۶۸۰ ۲) ۲۸۸ ۳) ۱۷۰ ۴) ۳۴۰

پاسخ: گزینه ۲

گزینه «۲»

شخص زمانی می‌تواند صدای پژواک خود را بشنود که حداقل فاصله زمانی بین دو پژواک ۰/۱ ثانیه باشد.

$$d_۱ = ۲d + vt_۱ \xrightarrow{t_۱ = t_۲ + ۰/۱} d_۱ = ۲d + v(t_۲ + ۰/۱)$$

$$d_۲ = ۲d - vt_۲ \Rightarrow d_۲ = ۲d - vt_۲$$

$$t_۲ = \frac{d_۱}{v_{صوت}} \xrightarrow[v=۲۰\frac{m}{s}]{v_{صوت}=۳۴۰\frac{m}{s}} ۳۴۰(t_۲ + ۰/۱) = ۲d + ۲۰t_۲ + ۲$$

$$\Rightarrow ۲d - ۳۲۰t_۲ = ۳۲ \quad (۱)$$

$$t_۲ = \frac{d_۲}{v_{صوت}} \xrightarrow[v=۲۰\frac{m}{s}]{v_{صوت}=۳۴۰\frac{m}{s}} ۳۴۰t_۲ = ۲d - ۲۰t_۲$$

$$\Rightarrow ۳۶۰t_۲ = ۲d \quad (۲)$$

$$(۱) \text{ و } (۲) \Rightarrow ۳۶۰t_۲ - ۳۲۰t_۲ = ۳۲ \Rightarrow t_۲ = \frac{۳۲}{۴۰} = ۰/۸s$$

$\xrightarrow{۲d = ۳۶۰t_۲}$ فاصله بین دو صخره $= ۳۶۰ \times ۰/۸ = ۲۸۸m$