

①

سوال ۱ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

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

②

سوال ۲ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

بررسی موارد نادرست:

(ب) طول موج میکروموج‌ها کوچک‌تر از طول موج امواج رادیویی است.

(پ) بیش‌ترین طول موج طیف امواج الکترومغناطیسی مربوط به امواج رادیویی است.

③

سوال ۳ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

فقط گزینه «۲» صحیح می‌باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها:

گزینه «۱»: از مواردی که با فیزیک کلاسیک قابل توجیه نبود، طیف خطی جذبی و گسیلی بود.

گزینه «۳»: طبق نظریه اینشتین، وقتی نوری تکفام بر سطح فلز می‌تابد، هر فوتون با یک الکترون برهم کنش دارد.

گزینه «۴»: در پدیده فوتوالکتریک بسامد آستانه‌ای، تنها به جنس فلز بستگی دارد.

④

سوال ۴ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

بررسی گزینه‌های نادرست:

گزینه «۱»: طیف‌های گسیلی و جذبی اتم‌های گاز هر عنصر منحصر به آن عنصر هستند، اما با یکدیگر یکسان نیستند و خطوط

روشن طیف گسیلی در طیف جذبی به صورت خطوط تاریک هستند و بالعکس.

گزینه «۳»: خطوط فرانهوفر خطوط تاریک طیف خورشید هستند.

گزینه «۴»: مدل اتمی بور نمی‌تواند متفاوت بودن شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد.

⑤

سوال ۵ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

بررسی تک‌تک موارد:

(آ) نادرست - بسامد امواج فراصوتی‌ای که وال عبور تولید می‌کند، حدود  $100\text{ kHz}$  است.

(ب) نادرست - برای تشخیص یک جسم با استفاده از پژواک امواج فراصوتی، اندازه آن جسم باید در حدود طول موج به کار رفته یا بزرگ‌تر از آن باشد.

(پ) درست

(ت) نادرست - در چنین شرایطی که اجزای تشکیل دهنده به سطح بزرگ‌تر از طول موج تابیده شده است، موج به صورت نامنظم بازتاب پیدا می‌کند.

⑥

سوال ۶ گزینه درست: ۱

گزینه «۱»

بررسی گزاره‌ها:

(الف) صوت برای شنیده شدن علاوه بر فرکانس باید شدت مناسب هم داشته باشد.

(ب) فرکانس یا بسامد صوت تولیدی فقط به منبع بستگی دارد.

(ج) صحیح است.

(د) با نزدیک شدن یک چشمه صوتی به شنونده ساکن، فرکانسی که به گوش شنونده ساکن می‌رسد بیش‌تر از فرکانس منبع بوده

ولی الزاماً در حال افزایش نیست.

۷

سوال ۷ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

گزینه «۱»: نادرست؛ در امواج الکترومغناطیسی، میدان الکتریکی همواره عمود بر میدان مغناطیسی است.

گزینه «۲»: درست است.

گزینه «۳»: نادرست؛ عموماً صوت در جامدها سریع‌تر از مایع‌ها و در مایع‌ها سریع‌تر از گازها حرکت می‌کند.

گزینه «۴»: نادرست؛ طبق صفحه ۷۴ اگر دیپازون با بسامد مشخص را با ضربه‌هایی متفاوت به ارتعاش واداریم، با آن‌که بسامد صدایی که می‌شنویم تغییر نمی‌کند (ارتفاع صداها یکسان است)، اما صداهایی با بلندی متفاوت حس می‌کنیم.

۸

سوال ۸ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

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



۹

سوال ۹ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

صوت از دسته موج‌های مکانیکی است و برای انتشار نیاز به محیط مادی دارد. بنابراین در خلأ منتشر نمی‌شود. این در حالی است که امواج الکترومغناطیسی در خلأ نیز انتشار می‌یابند.

۱۰

سوال ۱۰ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

برای مشخص نمودن ناحیه موج الکترومغناطیسی A در طیف امواج الکترومغناطیسی ابتدا باید طول موج آن را به دست آوریم. با توجه به داده‌های سؤال، چون  $f_A = 1/\lambda f_B$  است، باید  $\lambda_A < \lambda_B$  باشد. بنابراین داریم:

$$\lambda_B - \lambda_A = 500nm(1)$$

$$f_A = 1/\lambda f_B \xrightarrow{f = \frac{c}{\lambda}} \frac{c}{\lambda_A} = 1/\lambda \frac{c}{\lambda_B} \Rightarrow \lambda_B = 1/\lambda \lambda_A \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} 1/\lambda \lambda_A - \lambda_A = 500 \Rightarrow 0/\lambda \lambda_A = 500$$

$$\Rightarrow \lambda_A = 500nm$$

طول موج  $\lambda = 500nm$  مربوط به ناحیه مرئی طیف امواج الکترومغناطیسی است.

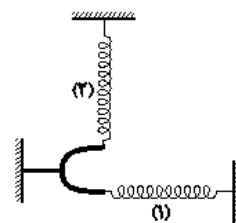
۱۱

سوال ۱۱ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

موج‌ها عموماً به دو دست موج‌های مکانیکی و موج‌های الکترومغناطیسی تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱۲



سوال ۱۲ گزینه درست: ۱

گزینه «۱»

اگر جابه‌جایی هر جزء نوسان‌کننده‌ای از فنر، عمود بر راستای حرکت موج باشد، به آن موج عرضی گفته می‌شود و اگر جابه‌جایی هر جزء نوسان‌کننده‌ای از فنر، منطبق بر راستای حرکت موج باشد، به آن موج طولی گفته می‌شود. مطابق شکل سؤال، با نوسان دیابازون در فنر (۱) راستای نوسان اجزاء فنر عمود بر راستای انتشار موج در فنر است و لذا موج ایجاد شده در فنر (۱) عرضی می‌باشد و در فنر (۲) راستای انتشار موج منطبق بر راستای نوسان اجزاء فنر است و لذا موج ایجاد شده از نوع طولی می‌باشد.

۱۳

سوال ۱۳ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

بررسی گزینه‌های نادرست:

گزینه «۱»: امواج الکترومغناطیسی برای انتشار نیاز به محیط مادی ندارند.  
گزینه «۲»: منشأ تولید امواج مکانیکی با امواج الکترومغناطیسی متفاوت است.  
گزینه «۳»: میکروموج‌ها از انواع امواج الکترومغناطیسی است.

۱۴

سوال ۱۴ گزینه درست: ۱

به موج‌های طولی و عرضی، موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود. زیرا هر دوی این موج‌ها از نقطه‌ای به نقطه دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند. در موج طولی ارتعاش ذرات محیط هم‌راستای انتشار موج است و در موج عرضی راستای ارتعاش ذرات محیط عمود بر راستای انتشار موج است.

۱۵

سوال ۱۵ گزینه درست: ۴

موج‌های الکترومغناطیسی مانند موج‌های مکانیکی حامل انرژی هستند.

۱۶

سوال ۱۶ گزینه درست: ۱

سرعت صوت در گازها، با جذر دمای مطلق گاز متناسب است.

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \Rightarrow v \propto \sqrt{T}$$

۱۷

سوال ۱۷ گزینه درست: ۱

بررسی گزینه‌ها:

- ۱- با حرکت از رنگ بنفش به قرمز، طول موج‌ها افزایش و بسامدها کاهش پیدا می‌کنند. (نادرست).
- ۲- صحیح است.
- ۳- یکی از ویژگی‌های نور فرابنفش آن است که توسط شیشه جذب می‌شود.
- ۴- راستای ارتعاش میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی برهم عمود و راستای انتشار آن‌ها یکسان است.

گزینه «۱»

ابتدا با استفاده از رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$  تندی موج در سیم را می‌یابیم:

$$v = \lambda f \xrightarrow[\substack{\lambda = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m} \\ f = 600 \text{ Hz}}]{\substack{\lambda = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m} \\ f = 600 \text{ Hz}}} v = 0.2 \times 600 \Rightarrow v = 120 \text{ m/s}$$

اکنون با استفاده از رابطه زیر سطح مقطع سیم را پیدا می‌کنیم. دقت کنید، باید چگالی را به  $\text{kg/m}^3$  تبدیل کنیم.

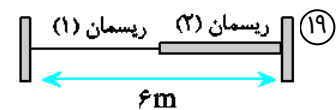
$$\rho = 10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 10^3 \rightarrow \rho = 10 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 10^4 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \xrightarrow{\text{طرفین رابطه به توان ۲}} v^2 = \frac{F}{\rho A}$$

$$A = \frac{F}{v^2 \rho} \xrightarrow[\substack{v = 120 \text{ m/s}, F = 36 \text{ N} \\ \rho = 10^4 \text{ kg/m}^3}]{\substack{v = 120 \text{ m/s}, F = 36 \text{ N} \\ \rho = 10^4 \text{ kg/m}^3}}$$

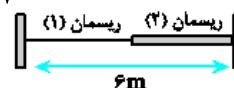
$$A = \frac{36}{120^2 \times 10^4} = \frac{36 \times 10^{-6}}{144 \times 10^8} \Rightarrow A = \frac{1}{4} \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\xrightarrow{1 \text{ m}^2 = 10^6 \text{ mm}^2} A = 0.25 \times 10^{-6} \times 10^6 \text{ mm}^2 \Rightarrow A = 0.25 \text{ mm}^2$$



گزینه «۴»

با استفاده از رابطه  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  و با توجه به این که نیروی کشش در هر دو ریسمان یکسان است، داریم:



$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{F = \text{ثابت}} \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2}}$$

$$\xrightarrow{\mu_2 = 4\mu_1} \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{\mu_1}{4\mu_1}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$$

از طرف دیگر، چون امواج عرضی با تندی ثابت در طول ریسمان منتشر می‌شوند، با استفاده از رابطه  $L = v \Delta t$ ، می‌توان نوشت:

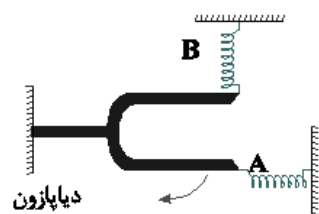
$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{v_2}{v_1} \times \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \xrightarrow{\substack{\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2} \\ \Delta t_1 = \Delta t_2}} \frac{L_2}{L_1} = \frac{1}{2} \times 1 \Rightarrow L_2 = \frac{1}{2} L_1$$

بنابراین، با توجه به این که  $L_1 + L_2 = 6 \text{ m}$  است، طول  $L_1$  برابر است با:

$$L_1 + L_2 = 6 \xrightarrow{L_2 = \frac{1}{2} L_1} L_1 + \frac{1}{2} L_1 = 6$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} L_1 = 6 \Rightarrow L_1 = 4 \text{ m}$$





سوال ۲۰ گزینه درست: ۱

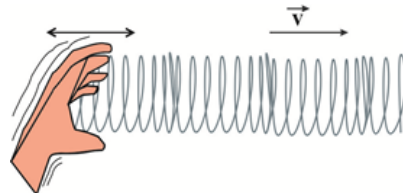
گزینه «۱»

بررسی موارد:

مورد «آ»: درست. در فنر A موج عرضی (راستای نوسان هر جز از محیط (فنر) عمود بر راستای انتشار موج است) و در فنر B موج طولی (راستای نوسان هر جز از محیط در راستای انتشار موج است) ایجاد می‌شود.  
مورد «ب»: نادرست. چون چشمه موج (دیپازون) برای هر دو موج یکسان است، بسامد نوسان آن‌ها نیز یکسان خواهد بود.  
مورد «پ»: نادرست. تندی انتشار موج به شرایط فیزیکی محیط انتشار موج بستگی دارد. بنابراین لزوماً دو موج تندی یکسانی نخواهند داشت

مورد «ت»: نادرست. چون ممکن است  $v_A \neq v_B$  باشد و  $f_A = f_B$  است، بنابه رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$ ، طول موج ایجاد شده در فنرها لزوماً یکسان نیست.  
بنابراین فقط ۱ عبارت درست می‌باشد.

۲۱



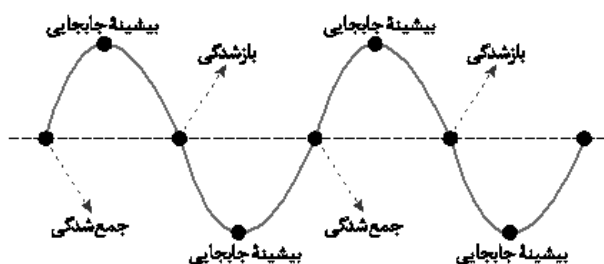
سوال ۲۱ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

ابتدا طول موج را محاسبه می‌کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow[v=10 \frac{m}{s}}{f=50 Hz} \lambda = \frac{10}{50} = 0.2 m \Rightarrow 20 cm$$

با توجه به اینکه نقاط جمع‌شدگی و بازشدگی روی نمودار جابجایی - مکان را به صورت یکی‌درمیان به شکل گره و نقاط بیشینه جابجایی را به شکل قله یا دره مشخص می‌کنیم، نمودار جابجایی - مکان را به صورت زیر رسم می‌کنیم. با دقت در این شکل می‌بینیم:



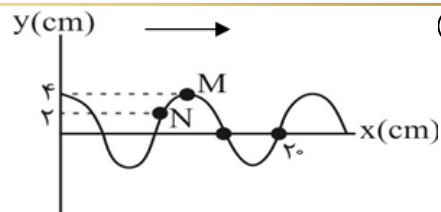
بررسی موارد:

مورد «آ»: فاصله بین هر دو بازشدگی متوالی از هم، برابر  $\lambda = 20 cm$  است.

مورد «ب»: کمترین فاصله بین یک جمع‌شدگی تا نقطه بیشینه جابجایی پس از آن، برابر  $\frac{\lambda}{4} = \frac{20}{4} = 5 cm$  است.

مورد «پ»: فاصله بین یک بازشدگی تا سومین نقطه بیشینه جابجایی پس از آن، برابر  $5 \times \frac{\lambda}{4} = 5 \times \frac{20}{4} = 25 cm$  است.

مورد «ت»: فاصله بین یک جمع‌شدگی تا دومین نقطه بازشدگی پس از آن، برابر  $6 \times \frac{\lambda}{4} = 6 \times \frac{20}{4} = 30 cm$  است.



گزینه درست: ۲

سوال ۲۲

گزینه «۲»

ابتدا با توجه به اطلاعات سوال بسامد زاویه‌ای موج را بدست می‌آوریم:

$$a_N = 1\lambda \pi^2 \frac{cm}{s^2} = 1\lambda \pi^2 \times 10^{-2} \frac{m}{s^2} \quad \omega^2 = \frac{1\lambda \pi^2 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-2}} \Rightarrow \omega^2 = 9\pi^2 \Rightarrow \omega = 3\pi \frac{rad}{s}$$

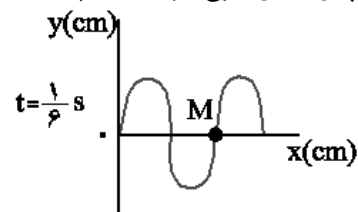
اکنون مکان ذره M را در لحظات  $\frac{1}{6}s$  و  $\frac{1}{3}s$  مشخص می‌کنیم:

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{3}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{2}$$

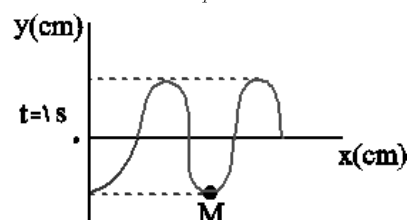
جابجایی موج در بازه زمانی تا  $\frac{1}{6}s$  برابر است با:

$$\lambda = v \cdot T \Rightarrow v = \frac{\lambda}{T}$$

$$\Delta x = v \cdot \Delta t = \frac{\lambda}{T} \cdot \Delta t = \frac{\lambda}{2}$$

پس نقش موج در لحظه  $t = \frac{1}{6}s$  مطابق شکل زیر است:اکنون جابجایی موج در بازه زمانی  $\frac{1}{6}s$  تا  $\frac{1}{3}s$  به دست می‌آوریم:

$$\Delta x = v \cdot \Delta t \xrightarrow{v = \frac{\lambda}{T}} \Delta x = \frac{\Delta \lambda}{2}$$



در لحظه  $t = \frac{1}{6}s$  لحظه‌تندی ذره M بیشینه و سرعت آن به سمت پایین و در لحظه  $t = \frac{1}{3}s$  در مکان  $y = -4cm$  قرار دارد و تندی آن صفر است. با توجه به رابطه تندی بیشینه در حرکت هماهنگ ساده و شتاب متوسط داریم:

$$a_{av} = \frac{V'_m - V_m}{\Delta t} \quad \Delta t = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}s, A = 4cm$$

$$V'_m = 0, V_m = -A\omega, \omega = 3\pi \frac{rad}{s}$$

$$a_{av} = \frac{0 + 4 \times 3\pi}{\frac{5}{6}} = \frac{24}{5} \pi \frac{cm}{s^2}$$

گزینه درست: ۳

سوال ۲۳

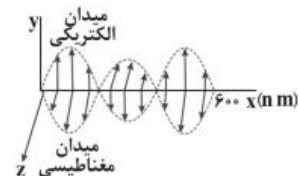
گزینه «۳»

مطابق رابطه تندی نور در خلاء، داریم:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \xrightarrow{v = \frac{c}{n}} \epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 n^2 c^2}$$

$$v = \frac{1}{n \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = \frac{1}{n \sqrt{\mu_0 \frac{1}{\mu_0 n^2 c^2}}}$$

$$v = \frac{c}{n} \sqrt{\frac{k\pi}{\mu_0}}$$



سوال ۲۴ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

ابتدا با توجه به نمودار، طول موج و سپس دوره تناوب را محاسبه می‌کنیم:

$$3 \frac{\lambda}{f} = 600 \text{ nm} \Rightarrow \lambda = 600 \text{ nm} = 6 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$c = \frac{\lambda}{T} \xrightarrow{c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} 3 \times 10^8 = \frac{6 \times 10^{-7}}{T} \Rightarrow T = \frac{6}{3} \times 10^{-15} \text{ s}$$

اکنون بازه زمانی  $\Delta t$  را بر حسب  $T$  به دست می‌آوریم:

$$\Delta t = t - t_0 = \frac{1}{f} \times 10^{-15} \text{ s} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{1}{f} \times 10^{-15}}{\frac{6}{3} \times 10^{-15}} = \frac{3}{6} \Rightarrow \Delta t = \frac{3}{6} T$$

چون در لحظه  $t = 0$  میدان الکتریکی بیشینه است، این میدان در بازه زمانی صفر تا  $\frac{T}{6}$  کاهش می‌یابد تا به صفر برسد و سپس جهت میدان عوض می‌شود و در بازه زمانی  $\frac{T}{6}$  تا  $\frac{T}{3}$  افزایش می‌یابد. بنابراین، در لحظه  $\frac{T}{6}$  اندازه میدان الکتریکی در حال افزایش و جهت آن در جهت محور  $y$ ها است. چون میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی با بسامد یکسان و همگام با هم تغییر می‌کند، لذا در این لحظه اندازه میدان مغناطیسی نیز در حال افزایش است. از طرفی، با توجه به شکل نمودار سؤال، اگر چهار انگشت دست راست را در جهت میدان الکتریکی و جهت خم شدن چهار انگشت را در جهت میدان مغناطیسی در نظر بگیریم، جهت انگشت شست به سمت محور  $x$  است که همان جهت انتشار موج است. در نتیجه، در لحظه  $t = \frac{3}{6} T$ ، جهت میدان الکتریکی در جهت مثبت محور  $y$  و جهت میدان مغناطیسی در جهت مثبت محور  $z$  خواهد شد.

سوال ۲۵ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

با توجه به تندی انتشار موج عرضی در ریسمان کشیده به صورت زیر نسبت  $\frac{v_A}{v_B}$  را می‌یابیم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu = \frac{m}{L}} v = \sqrt{\frac{F \cdot L}{m}} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{F_A}{F_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{m_B}{m_A}}$$

$$\xrightarrow{F_A = F_B = \frac{F_0}{100}, F_B = \frac{F_0}{100}, L_A = F \cdot L_B, m_A = m_B} \frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{\frac{F_0}{100}}{\frac{F_0}{100}} \times \frac{F \cdot L_B}{L_B} \times 1} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{1}{10} \times 2 = 1/6$$

سوال ۲۶ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

با توجه به اینکه تندی انتشار امواج لرزه‌ای  $P$  بیشتر از تندی انتشار امواج لرزه‌ای  $S$  است، مدت زمان رسیدن امواج لرزه‌ای  $P$  کمتر از مدت زمان رسیدن امواج لرزه‌ای  $S$  می‌باشد.

بنابراین، با توجه به اینکه هر دو موج مسافت یکسانی را طی می‌کنند تا به دستگاه لرزه‌نگار برسند، با استفاده از رابطه تندی می‌توان نوشت:

$$\Delta t = t_S - t_P \xrightarrow{t = \frac{L}{v}} \Delta t = \frac{L}{v_S} - \frac{L}{v_P} \xrightarrow{\Delta t = 1/7 \text{ s}, v_P = \sqrt{F/k}, v_S = F \cdot \frac{km}{s}} \Delta t = \frac{L}{v_S} - \frac{L}{v_P}$$

$$1/7 = \frac{L}{F} - \frac{L}{\sqrt{F/k}} \Rightarrow 1/7 = \frac{\sqrt{F/k} - F}{\sqrt{F/k} \times F} \Rightarrow 1/7 \times \sqrt{F/k} \times F = \sqrt{F/k} - F = 3/4 L$$

$$\Rightarrow L = 14/8 \text{ km}$$



گزینه درست: ۴

سوال ۲۷

گزینه «۴»

ابتدا شدت صوت را در نقطه A محاسبه می‌کنیم. با استفاده از رابطه شدت صوت داریم:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} \xrightarrow{P=10W, r=10m} I_A = \frac{10}{4\pi \times 100} = 10^{-F} \frac{W}{m^2}$$

اکنون با استفاده از رابطه تراز شدت صوت، شدت صوت را در نقطه B می‌یابیم. دقت کنید، چون نقطه B نسبت به نقطه A در فاصله بیشتری از چشمه قرار دارد، بنابراین، تراز شدت صوت در نقطه A بیشتر از تراز شدت صوت در نقطه B است.

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \Rightarrow \beta_A - \beta_B = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \xrightarrow{\beta_A - \beta_B = 5dB, I_A = 10^{-F} \frac{W}{m^2}} \rightarrow$$

$$5 = 10 \log \frac{10^{-F}}{I_B} \Rightarrow 0.5 = \log \frac{10^{-F}}{I_B} \Rightarrow 1 - 0.5 = \log \frac{10^{-F}}{I_B}$$

$$\xrightarrow{1 = \log 10} \log 10 - \log 2 = \log \frac{10^{-F}}{I_B} \xrightarrow{\log a - \log b = \log \frac{a}{b}} \rightarrow$$

$$\log \frac{10}{2} = \log \frac{10^{-F}}{I_B} \Rightarrow 0.5 = \frac{10^{-F}}{I_B} \Rightarrow I_B = \frac{1}{0.5} \times 10^{-F} = 2 \times 10^{-5} \frac{W}{m^2}$$

گزینه درست: ۴

سوال ۲۸

گزینه «۴»

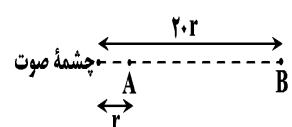
با استفاده از رابطه  $v = \sqrt{\frac{E}{\mu}}$  و با توجه به این که  $\mu$  ثابت است، می‌توان تندی انتشار موج عرضی در ریسمان را در حالت جدید به‌دست آورد.

$$v = \sqrt{\frac{E}{\mu}} \Rightarrow v^2 = \frac{E}{\mu} \Rightarrow F = \mu v^2$$

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 \xrightarrow{F = \mu v^2} \mu v_{\Sigma}^2 = \mu v_1^2 + \mu v_2^2 \Rightarrow v_{\Sigma}^2 = v_1^2 + v_2^2$$

$$v_1 = 2/5 \frac{m}{s} = 0.4 \times \frac{m}{s} \quad v_2 = 3/4 \frac{m}{s} = 0.75 \times \frac{m}{s}$$

$$\Rightarrow v_{\Sigma}^2 = 0.4^2 + 0.75^2 \Rightarrow v_{\Sigma} = 0.8 \times 5 = 4 \frac{m}{s}$$



گزینه درست: ۴

سوال ۲۹

گزینه «۴»

ابتدا با استفاده از رابطه تغییر تراز شدت صوت، نسبت  $\frac{I_A}{I_B}$  را به‌دست می‌آوریم:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \xrightarrow{\beta_A - \beta_B = 5dB} 5 - 35 = 10 \log \frac{I_A}{I_B}$$

$$\Rightarrow 28 = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = 2.8 \xrightarrow{2.8 = F \times 0.5 / 10 = F \times (1 - 0.5)} \rightarrow$$

$$\log \frac{I_A}{I_B} = F \times (1 - 0.5) \xrightarrow{1 = \log 10} \log \frac{I_A}{I_B} = F(\log 10 - \log 2)$$

$$\Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = F \log \frac{10}{2} \Rightarrow \log \frac{I_A}{I_B} = \log 5^F$$

$$\Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = 5^F = 625 \Rightarrow I_A = 625 I_B$$

می‌بینیم شدت صوت در نقطه B به اندازه  $\frac{1}{625}$  شدت صوت در نقطه A است. بنابراین با استفاده از رابطه  $I = \frac{E}{A \cdot t}$ ، مشخص می‌کنیم که انرژی صوت در فاصله بین دو نقطه A و B چقدر تلف شده است.

$$E = I A t \xrightarrow{t = \text{SMIX}} \frac{E_B}{E_A} = \frac{I_B}{I_A} \times \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2 \xrightarrow{r_B = 20r, r_A = r} \rightarrow$$

$$\frac{E_B}{E_A} = \frac{I_B}{625 I_A} \times \left(\frac{20r}{r}\right)^2 \Rightarrow \frac{E_B}{E_A} = \frac{1}{625} \times 400 \Rightarrow E_B = 0.64 E_A$$

$$\text{درصد تغییر انرژی صوت} = \frac{E_B - E_A}{E_A} \times 100 = \frac{0.64 E_A - E_A}{E_A} \times 100$$

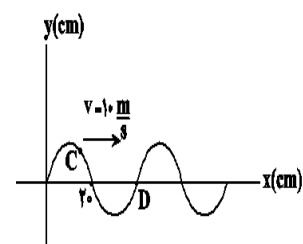
$$\Rightarrow \text{درصد تغییر انرژی صوت} = -36\%$$

بنابراین ۳۶ درصد از انرژی صوت در این فاصله تلف شده است.

گزینه «۴»

چون طول تار را ۴ برابر کرده‌ایم، جرم آن نیز ۴ برابر خواهد شد؛ در نتیجه، طبق رابطه  $\mu = \frac{m}{L}$ ، چون  $m$  و  $L$  هر دو چهار برابر شده‌اند، نسبت آنها که برابر  $\mu$  می‌باشد، تغییر نخواهد کرد. بنابراین، بنا به رابطه  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$  چون  $F$  و  $\mu$  هر دو ثابت‌اند، تندی انتشار موج نیز ثابت است.

۳۱



گزینه «۲»

چون نقطه D در لحظه  $t$  در حال عبور از وضع تعادل است، بنابراین، تندی آن در این لحظه بیشینه و برابر  $v = A\omega = A(\frac{v\pi}{T})$  است. از طرفی، با توجه به این‌که، هر جزء از محیط انتشار موج، حرکت ذره قبل از خود را تکرار می‌کند، بنابراین، با توجه به جهت انتشار موج، نقطه D در این لحظه به سمت پایین حرکت می‌کند.

برای محاسبه تندی ذره D، ابتدا  $\lambda$  و سپس  $T$  را با توجه به نمودار به دست می‌آوریم:

$$\frac{\lambda}{2} = 20 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$$

$$\lambda = v \cdot T \xrightarrow{v=10 \frac{\text{m}}{\text{s}}} 0.4 = 10T \Rightarrow T = 0.04 \text{ s}$$

اکنون، با توجه به تندی متوسط ذره C، مسافت طی شده را به دست می‌آوریم:

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \xrightarrow{s_{av}=2 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \Delta t=0.12 \text{ s}} 2 = \frac{\ell}{0.12} \Rightarrow \ell = 0.24 \text{ m}$$

در این قسمت، تعداد نوسان‌های کامل ذره C را در مدت  $0.12 \text{ s}$  می‌یابیم:

$$T = \frac{\Delta t}{n} \Rightarrow n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{0.12}{0.04} = 3$$

با توجه به این‌که در هر دوره تناوب مسافت طی شده چهار برابر دامنه نوسان است، مسافت طی شده در مدت  $0.12 \text{ s}$  ثانیه که برابر ۳ دوره تناوب می‌باشد را برحسب دامنه نوسان A به دست می‌آوریم و با استفاده از آن دامنه را می‌یابیم:

$$\ell = 3 \times (4A) \xrightarrow{\ell=0.24 \text{ m}} 0.24 = 12A \Rightarrow A = 0.02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

در آخر، تندی ذره D را پیدا می‌کنیم:

$$v = A \left( \frac{v\pi}{T} \right) \xrightarrow[T=0.04 \text{ s}]{A=2 \text{ cm}} v = 2 \times \frac{10\pi}{0.04} = 100\pi \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

گزینه «۳»

با استفاده از رابطه  $\Delta\beta = \beta_r - \beta_l = 10 \log \frac{I_r}{I_l}$  و با توجه به این که  $\frac{I_r}{I_l} = \left( \frac{A_r}{A_l} \times \frac{f_r}{f_l} \times \frac{r_l}{r_r} \right)^2$  است، به صورت زیر، هریک از گزینه ها را بررسی می کنیم.

گزینه «۱»: نادرست است.

$$\Delta\beta = 10 \log \left( \frac{A_r}{A_l} \times \frac{f_r}{f_l} \times \frac{r_l}{r_r} \right)^2 \xrightarrow{A_r=4A_l, r_l=r_r, f_r=2f_l} \Delta\beta = 10 \log (4 \times 2 \times 1)^2 = 10 \log 2^6$$

$$\Rightarrow \Delta\beta = 10 \times 6 \times \log 2 \xrightarrow{\log 2 = 0.3} \Delta\beta = 60 \times 0.3 = 18 \text{ dB}$$

گزینه «۲»: نادرست است.

$$\xrightarrow{A_r=3A_l, f_r=2f_l, r_l=r_r} \Delta\beta = 10 \log \left( \frac{3A_l}{A_l} \times \frac{2f_l}{f_l} \times 1 \right)^2 \xrightarrow{\log ab = \log a + \log b} \Delta\beta = 10 \log (3 \times 2)^2 = 10 \times 2 \times \log (3 \times 2) \xrightarrow{\log 3 = 0.5, \log 2 = 0.3} \Delta\beta = 20 \times (0.5 + 0.3) = 16 \text{ dB}$$

گزینه «۳»: درست است.

$$\xrightarrow{A_r=5A_l, r_r=r_l, f_r=2f_l} \Delta\beta = 10 \log \left( \frac{5A_l}{A_l} \times \frac{2f_l}{f_l} \times \frac{r_l}{r_l} \right)^2 \xrightarrow{T_r=1/r \Rightarrow f_r=2f_l} \Delta\beta = 10 \log (10 \times 2)^2 = 10 \times 2 \times \log (10 \times 2) \xrightarrow{\log 10=1, \log 2=0.3} \Delta\beta = 20 \times (1 + 0.3) = 26 \text{ dB}$$

گزینه «۴»: نادرست است.

$$\xrightarrow{A_r=6A_l, r_l=r_r, T_r=6T_l \Rightarrow f_r=1/6 f_l} \Delta\beta = 10 \log \left( \frac{6A_l}{A_l} \times \frac{1/6 f_l}{f_l} \times 1 \right)^2 \xrightarrow{\log 1=0} \Delta\beta = 10 \log 1 = 10 \times 0 = 0$$

گزینه «۳»

ابتدا شدت صوت در مکان جدید را با استفاده از رابطه تراز شدت صوت می یابیم:

$$\beta = 10 \log \frac{I_r}{I_0} \xrightarrow{\beta = 5 \text{ dB}} 5 = 10 \log \frac{I_r}{10^{-12}} \Rightarrow 5 = \log \frac{I_r}{10^{-12}}$$

$$\Rightarrow 5 = \log \frac{I_r}{10^{-12}} \Rightarrow 5 + 12 = \log \frac{I_r}{10^{-12}} \Rightarrow \log 10^5 = \log \frac{I_r}{10^{-12}}$$

$$\xrightarrow{\log a = \log 10^5} \log 10^5 = \log \frac{I_r}{10^{-12}} \xrightarrow{\log a + \log b = \log(ab)} \log 10^5 = \log \frac{I_r}{10^{-12}}$$

$$\log(5 \times 10^5) = \log \frac{I_r}{10^{-12}} \Rightarrow 5 \times 10^5 = \frac{I_r}{10^{-12}} \Rightarrow I_r = 5 \times 10^{-7} \frac{W}{m^2}$$

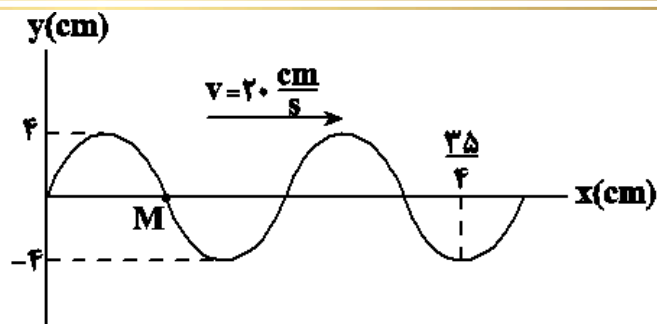
اکنون با استفاده از رابطه  $\frac{I_r}{I_l} = \left( \frac{A_r}{A_l} \times \frac{f_r}{f_l} \times \frac{r_l}{r_r} \right)^2$ ، فاصله  $r_r$  از چشمه صوت را می یابیم:

$$\xrightarrow{A_l=A_r} \frac{I_r}{I_l} = \left( \frac{r_l}{r_r} \right)^2 \xrightarrow{r_l=2m, I_r=5 \times 10^{-7} \frac{W}{m^2}, I_l=10^{-12} \frac{W}{m^2}} \frac{5 \times 10^{-7}}{10^{-12}} = \left( \frac{2}{r_r} \right)^2 \Rightarrow 25 = \left( \frac{2}{r_r} \right)^2 \Rightarrow 5 = \frac{2}{r_r} \Rightarrow r_r = 0.4 \text{ m}$$

در آخر تغییر فاصله از چشمه صوت را می یابیم:

$$\Delta r = r_r - r_l \xrightarrow{r_l=2m, r_r=0.4m} \Delta r = 0.4 - 2 = -1.6 \text{ m}$$

بنابراین، شنونده باید ۱/۶ متر به چشمه صوت نزدیک شود.



گزینه درست: ۴

سوال ۳۴

گزینه «۴»

ابتدا دوره تناوب موج عرضی را می‌یابیم. با توجه به نمودار داده شده،  $\frac{v\lambda}{f} = \frac{3.5}{f}$  و دامنه برابر  $A = 4\text{cm}$  است. بنابراین، با محاسبه طول موج، به صورت زیر  $T$  را حساب می‌کنیم:

$$\frac{v\lambda}{f} = \frac{3.5}{f} \Rightarrow v\lambda = 3.5 \Rightarrow \lambda = 5\text{cm}$$

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{5\text{cm}}{20\frac{\text{cm}}{\text{s}}} \Rightarrow T = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}\text{s}$$

اکنون بازه زمانی  $t_2 - t_1$  را پیدا می‌کنیم و سپس مشخص می‌کنیم. این بازه زمانی چه کسری از دوره تناوب ( $T$ ) است.

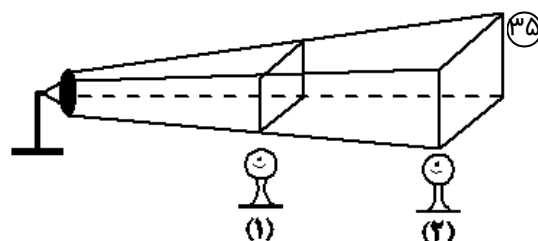
$$\Delta t = t_2 - t_1 \xrightarrow[t_1 = \frac{1}{16}\text{s}}{t_2 = \frac{3}{16}\text{s}} \Delta t = \frac{3}{16} - \frac{1}{16} \Rightarrow \Delta t = \frac{2}{16}\text{s}$$

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{\frac{2}{16}}{\frac{1}{4}} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = \frac{2}{4} \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{2}T$$

با توجه به این که نوسانگر در هر دوره تناوب مسافت  $4A$  را طی می‌کند، لذا با توجه به موقعیت ذره  $M$ ، در مدت  $\frac{\Delta t}{T}$  که برابر  $T + \frac{T}{2}$  است، ذره  $M$  پس از مدت  $T$  به مکان اولیه برمی‌گردد و مسافت  $4A$  را طی می‌کند و به دنبال آن پس از مدت  $\frac{T}{2}$  به نقطه  $+A$  می‌رود و مسافت  $A$  را طی خواهد کرد. بنابراین، در مجموع مسافت  $\ell = 5A$  را طی می‌کند. در آخر، تندی متوسط برابر است با:

$$\ell = 5A \xrightarrow{A=4\text{cm}} \ell = 5 \times 4 = 20\text{cm}$$

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \xrightarrow[\ell=20\text{cm}]{\Delta t=\frac{1}{8}\text{s}} s_{av} = \frac{20}{\frac{1}{8}} \Rightarrow s_{av} = 160\frac{\text{cm}}{\text{s}}$$



گزینه درست: ۳

سوال ۳۵

گزینه «۳»

با استفاده از رابطه تراز شدت صوت ( $\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$ ) به صورت زیر،  $\beta_1 - \beta_2$  را پیدا می‌کنیم:

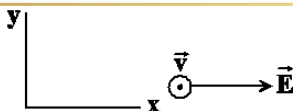
$$\beta_1 - \beta_2 = 10 \left( \log \frac{I_1}{I_0} - \log \frac{I_2}{I_0} \right) \xrightarrow{\log \frac{a}{b} = \log a - \log b}$$

$$\beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \xrightarrow{I = \frac{P}{A}} \beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{\frac{P}{A_1}}{\frac{P}{A_2}}$$

$$\Rightarrow \beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{A_2}{A_1} \xrightarrow[A_1=1\text{cm}^2]{A_2=2\text{cm}^2} \beta_1 - \beta_2 = 10 \log \frac{2}{1}$$

$$\Rightarrow \beta_2 - \beta_1 = 10 \log 2 \xrightarrow{\log 2 = 0.3} \beta_1 - \beta_2 = 10 \times 0.3 = 3 \Rightarrow \beta_1 = \beta_2 + 3\text{dB}$$

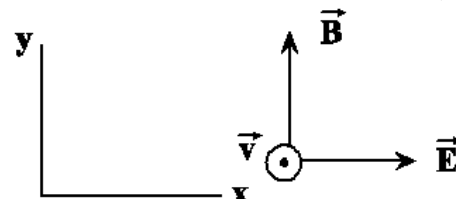
می‌بینیم، تراز شدت صوت دریافتی توسط شخص (۱)، ۳ دسی‌بل بیشتر از تراز شدت صوت دریافتی توسط شخصی (۲) است.



گزینه درست: ۳

سوال ۳۶

گزینه «۳»

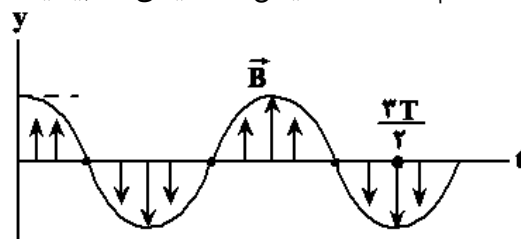


با استفاده از قاعده دست راست، (چهار انگشت به سمت  $\vec{E}$ ، جهت چرخش چهار انگشت به سمت  $\vec{B}$  انگشت شست به سمت  $\vec{v}$ ) در لحظه  $t = 0$  میدان مغناطیسی در جهت محور  $y$  و مقدار آن مشابه میدان الکتریکی، بیشینه خواهد بود. دقت کنید، به طور کلی، در تمام لحظه‌هایی که  $\vec{E}$  بیشینه باشد،  $\vec{B}$  نیز بیشینه خواهد بود. همچنین، وقتی  $\vec{E}$  صفر است،  $\vec{B}$  نیز صفر خواهد بود. یعنی تغییر  $\vec{E}$  و  $\vec{B}$  مشابه یکدیگرند.

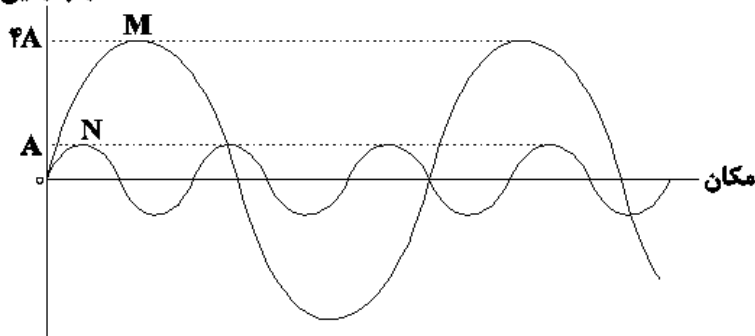
اکنون مشخص می‌کنیم، در لحظه  $t = 3s$  میدان مغناطیسی ( $\vec{B}$ ) چگونه است. به همین منظور، ابتدا دوره تناوب ( $T$ ) را می‌یابیم. چون هر ذره موج، در مدت  $t = 1 \text{ min} = 60s$  تعداد ۳۰ نوسان کامل انجام می‌دهد، می‌توان نوشت:

$$T = \frac{t}{n} \xrightarrow[t=60s]{t=60s} T = \frac{60}{30} = 2s$$

چون  $T = 2s$  است،  $t = 3s$  برابر  $\frac{3T}{2}$  خواهد بود. بنابراین، اگر نقش موج را برای میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  رسم کنیم، می‌بینیم در لحظه  $t = 3s = \frac{3T}{2}$ ، میدان مغناطیسی  $\vec{B}$ ، بیشینه مقدار خود را دارد و سوی آن در خلاف جهت محور  $y$  است.



جابه‌جایی



گزینه درست: ۱

سوال ۳۷

گزینه «۱»

می‌دانیم شدت صوت با حاصل ضرب مجذور دامنه و بسامد رابطه مستقیم و با مجذور فاصله رابطه عکس دارد.

$$I \propto \frac{A^2 f^2}{d^2} \Rightarrow \frac{I_M}{I_N} = \left(\frac{A_M}{A_N}\right)^2 \times \left(\frac{f_M}{f_N}\right)^2 \times \left(\frac{d_N}{d_M}\right)^2$$

از روی نمودار  $\lambda_M = \frac{5}{4} \lambda_N$  است.

اکنون با توجه به رابطه تندی و بسامد موج داریم:

$$v = \lambda f \Rightarrow \frac{v_M}{v_N} = \frac{\lambda_M}{\lambda_N} \times \frac{f_M}{f_N} \xrightarrow[\substack{v_M = 1200 \frac{m}{s}, v_N = 3000 \frac{m}{s}}]{\lambda_M = \frac{5\lambda_N}{4}} \rightarrow$$

$$\frac{I_M}{I_N} = \left(\frac{A_M}{A_N}\right)^2 \times \left(\frac{f_M}{f_N}\right)^2 \times \left(\frac{d_N}{d_M}\right)^2 = \frac{64}{25} \quad (I)$$

$$\xrightarrow{(I)} \frac{I_M}{I_N} = 4^2 \times \left(\frac{1}{5}\right)^2 \times \left(\frac{4}{16}\right)^2 = \frac{64}{25}$$

$$A_M = 4A_N, d_N = 4m, d_M = 16m$$



گزینه «۳»

ابتدا بسامد و طول موج را به دست می آوریم:

$$x = 3 \times 10^{-3} \cos 1000\pi t \Rightarrow \omega = 1000\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega = 2\pi f_s \Rightarrow 1000\pi = 2\pi \times f_s \Rightarrow f_s = 500 \text{ Hz}$$

$$\lambda_s = \frac{v}{f_s} \xrightarrow[v_s = 340 \text{ Hz}]{v = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \lambda_s = \frac{340}{500} = 0.68 \text{ m} \Rightarrow \lambda_s = 68 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \lambda_o = \lambda_s = 68 \text{ cm}$$

چون چشمه صوت ساکن است، طول موج آن ثابت و به حرکت شنونده بستگی ندارد. بنابراین، طول موج دریافتی توسط شنونده ۶۸ cm است. از طرف دیگر، چون شنونده از چشمه صوت دور می شود، بسامد دریافتی توسط شنونده از بسامد چشمه صوت کمتر است. بنابراین داریم:

$$f_o < f_s \xrightarrow{f_s = 500 \text{ Hz}} f_o < 500 \text{ Hz}$$

می بینیم، در گزینه هانی (۳) و (۴)، بسامد دریافتی توسط شنونده از بسامد چشمه صوت کمتر است، اما در گزینه (۴) طول موج دریافتی از طول موج چشمه صوت کمتر می باشد. بنابراین، گزینه (۳) درست است.

گزینه «۲»

در حالت اول، طول، جرم و نیروی کشش سیم به ترتیب برابر  $m$ ،  $L$  و  $F$  و در حالت دوم که  $\frac{3}{4}$  از طول سیم را کنار گذاشته ایم و  $\frac{1}{4}$  از آن باقیمانده است، جرم سیم  $\frac{1}{4}$  جرم آن در حالت اول می باشد. بنابراین، با توجه به این که، طول سیم را به طول آن در حالت اولیه رسانده و آن را با نیروی  $4F$  کشیده ایم، با استفاده از رابطه  $v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$  می توان نوشت:

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{m_1}{m_2}} \xrightarrow[v_1 = 160 \frac{\text{m}}{\text{s}}, m_1 = m, m_2 = \frac{1}{4}m]{L_2 = L_1, F_2 = 4F, F_1 = F} \frac{v_2}{160} = \sqrt{16} \Rightarrow \frac{v_2}{160} = 4 \Rightarrow v_2 = 640 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 640 - 160 \Rightarrow \Delta v = 480 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

می بینیم، تندی انتشار موج عرضی در سیم،  $480 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  افزایش پیدا کرده است.

گزینه «۱»

دیاپازون هایی که با بسامد مختلف نواخته می شوند. ارتفاع های متفاوتی دارند و یک دیاپازون با بسامد مشخص اگر با ضربه های متفاوت نواخته شود صوت هایی با بلندی مختلف تولید می شود.

گزینه «۱»

(الف) درست است. موج های عرضی و طولی از نوع موج های پیش رونده هستند و انرژی را با خود منتقل می کنند.

(ب) نادرست است. فاصله دو جبهه موج متوالی برابر یک طول موج است.

(پ) نادرست است. طول موج برابر مسافتی است که موج در مدت دوره تناوب نوسان چشمه طی می کند.

(ت) نادرست است. تندی انتشار موج به جنس و ویژگی های محیط انتشار بستگی دارد و در محیط های مختلف، متفاوت است.

گزینه «۴»

ابتدا بسامد نوسانات را می‌یابیم:

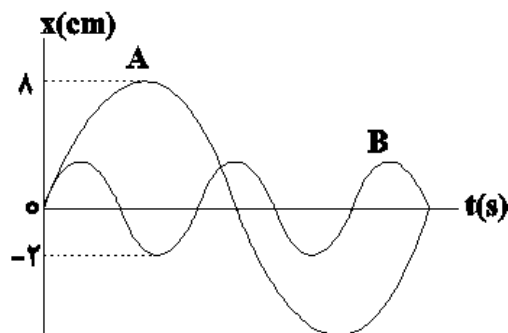
$$f = \frac{n}{t} \xrightarrow[t=1 \text{ min}=60s]{n=240} f = \frac{240}{60} = 4 \text{ Hz}$$

اکنون طول موج را می‌یابیم. دقت کنید، فاصله بین یک ستیغ (قله) تا پاستیغ (دره) مجاورش برابر  $\frac{\lambda}{2}$  است و یک هکتومتر برابر ۱۰۰m است.

$$\frac{\lambda}{2} = 5 \Rightarrow \lambda = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m} \xrightarrow{1 \text{ hm}=100 \text{ m}} \lambda = \frac{0.1}{100} = 0.001 \text{ hm}$$

در آخر، تندی انتشار موج را به دست می‌آوریم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow[\lambda=0.001 \text{ hm}]{f=4 \text{ Hz}} 0.001 = \frac{v}{4} \Rightarrow v = 0.004 \frac{\text{hm}}{\text{s}}$$



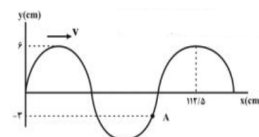
۴۳

گزینه «۳»

با توجه به رابطه  $E = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = 2\pi^2 m A^2 f^2$ ، انرژی مکانیکی نوسانگر، با مربع دامنه، مربع بسامد و جرم متناسب است. از طرف دیگر با توجه به نمودار مکان - زمان دو نوسانگر،  $A_A = 8 \text{ cm}$  و  $A_B = 2 \text{ cm}$  و به ازای یک نوسان کامل نوسانگر A، نوسانگر B تعداد ۵/۲ نوسان انجام می‌دهد. بنابراین،  $f_B = 2/5 f_A$  است. داریم:

$$\begin{aligned} E &= 2\pi^2 m A^2 f^2 \Rightarrow \frac{E_A}{E_B} = \frac{m_A}{m_B} \times \left(\frac{A_A}{A_B}\right)^2 \times \left(\frac{f_A}{f_B}\right)^2 \\ \frac{m_B = 5m_A, f_B = 2/5 f_A}{A_A = 8 \text{ cm}, A_B = 2 \text{ cm}} \Rightarrow \frac{E_A}{E_B} &= \frac{m_A}{5m_A} \times \left(\frac{8}{2}\right)^2 \times \left(\frac{f_A}{2/5 f_A}\right)^2 \\ &\Rightarrow \frac{E_A}{E_B} = \frac{1}{5} \times 16 \times \frac{25}{4} \Rightarrow \frac{E_A}{E_B} = \frac{16}{5} \end{aligned}$$

۴۴



گزینه «۳»

ابتدا باید محاسبه کنیم که موج در چه مدتی فاصله  $2/7 \text{ m}$  را می‌تواند طی می‌کند:

$$L = vt \Rightarrow 2/7 = 15t \Rightarrow t = 0.18 \text{ s}$$

حالا با توجه به مشخصات نقش موج، دوره تناوب آن را به دست می‌آوریم:

$$112/5 = \frac{5}{4} \lambda \Rightarrow \lambda = 90 \text{ cm} = 0.9 \text{ m}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 15 = \frac{0.9}{T} \Rightarrow T = 0.06 \text{ s}$$

با توجه به اینکه کل زمان حرکت  $t = 0.18 \text{ s}$  تعداد نوسان A را در این مدت بدست می‌آوریم:

$$n = \frac{t}{T} \Rightarrow \text{تعداد نوسان کامل ذرات موج} = \frac{0.18}{0.06} = 3$$

بنابراین ذره A طی این مدت، ۳ رفت و برگشت کامل را انجام می‌دهد. مسافتی که در هر دوره می‌پیماید برابر است با:

$$A = 6 \text{ cm} \Rightarrow 4A = 24 \text{ cm}$$

بنابراین:

$$\text{کل مسافت} : \ell = 3 \times 24 = 72 \text{ cm} \Rightarrow s_{av} = \frac{\ell}{t} = \frac{72}{0.18} = 400 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

(۴۵)

سوال ۴۵

گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

ابتدا شدت صوتی که به گوش شنونده می‌رسد را حساب می‌کنیم:

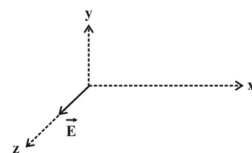
$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow 10 = 10 \log \frac{I}{I_0} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^1$$

$$\Rightarrow I = 10^1 I_0 = 10^{-2} \frac{\mu W}{m^2}$$

حال انرژی را حساب می‌کنیم.

$$I = \frac{E}{t.A} \Rightarrow E = I.t.A = 10^{-2} \times (2 \times 60) \times (50 \times 10^{-6}) = 6 \times 10^{-5} \mu J$$

(۴۶)



سوال ۴۶

گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

در امواج الکترومغناطیسی، مؤلفه‌های میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در هر لحظه و هر مکان بر هم عمود هستند. همچنین این مؤلفه‌ها همواره بر راستای انتشار موج نیز عمود هستند. بنابراین جهت میدان مغناطیسی در راستای محور yها (مثبت و یا منفی) خواهد بود. برای تشخیص جهت میدان مغناطیسی از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم. اگر چهار انگشت دست راست در جهت میدان الکتریکی و کف دست در جهت میدان مغناطیسی باشد، انگشت شست، جهت انتشار موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد. با توجه به این قاعده، جهت میدان مغناطیسی به طرف (-y) خواهد بود.

(۴۷)

سوال ۴۷

گزینه درست: ۱

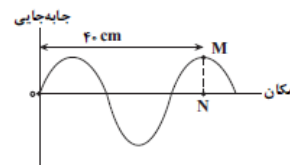
گزینه «۱»

$$\Delta t = \frac{L}{v_S} - \frac{L}{v_P} \Rightarrow L = \frac{v_S v_P}{v_P - v_S} \Delta t$$

از فرمول  $L = \frac{v_P v_S}{v_P - v_S} \Delta t$  استفاده می‌کنیم. اگر  $L$  بر حسب  $km$  و  $\Delta t$  بر حسب  $\frac{km}{s}$  باشد، باید  $\Delta t$  را بر حسب ثانیه در رابطه قرار دهیم. داریم:

$$L = \frac{v_P v_S}{v_P - v_S} \cdot \Delta t \Rightarrow 960 = \frac{\lambda v_S}{\lambda - v_S} (2 \times 60) \Rightarrow v_S = 4 \frac{km}{s}$$

(۴۸)



سوال ۴۸

گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

مدت زمانی که ذره از نقطه M به نقطه N می‌رسد برابر  $\frac{T}{4}$  است. بنابراین T برابر است با:

$$\frac{T}{4} = 0.01 \Rightarrow T = 0.04 s$$

با داشتن T و محاسبه  $\lambda$ ، تندی انتشار موج در ریسمان را می‌یابیم:

$$\frac{\Delta \lambda}{\Delta t} = 40 \Rightarrow \lambda = 32 cm = 0.32 m$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{0.32}{0.04} = 8 \frac{m}{s}$$

اکنون می‌توان از رابطه تندی انتشار موج در ریسمان، جرم هر سانتی‌متر از آن را به دست آورد:

$$v = \sqrt{\frac{F.L}{m}} \xrightarrow{F=64N, v=8 \frac{m}{s}, L=1 cm=0.01 m} \lambda = \sqrt{\frac{64 \times 0.01}{m}} \Rightarrow 64 = \frac{64 \times 0.01}{m}$$

$$m = 0.01 kg \xrightarrow{\times 1000} m = 10 g$$

گزینه «۲»

ابتدا باید معلوم کنیم، شدت صوت برای این شخص چند برابر می‌شود:

$$\frac{I_r}{I_1} = \left( \frac{A_r}{A_1} \times \frac{f_r}{f_1} \times \frac{r_1}{r_r} \right)^2 \xrightarrow[r_1=10\text{ m}, r_r=2\text{ m}]{A_1=A_r, f_1=f_r} \frac{I_r}{I_1} = \left( 1 \times 1 \times \frac{10}{2} \right)^2 \Rightarrow \frac{I_r}{I_1} = 5^2$$

اکنون با استفاده از رابطه زیر، تغییر تراز شدت صوت ( $\Delta\beta$ ) را می‌یابیم:

$$\Delta\beta = 10 \log \frac{I_r}{I_1} = 10 \log 5^2 \Rightarrow \Delta\beta = 20 \log 5 \xrightarrow{\Delta = \frac{10}{\beta}} \Delta\beta = 20 \log \left( \frac{10}{\beta} \right) \xrightarrow{\log \frac{a}{b} = \log a - \log b} \Delta\beta = 20 (\log 10 - \log 2) \xrightarrow[\log 10=1]{\log 2=0.3} \Delta\beta = 20(1 - 0.3) = 14\text{ dB}$$

گزینه «۴»

امواج الکترومغناطیسی به ترتیب افزایش طول موج و کاهش بسامد عبارت‌اند از: پرتو گاما، پرتو X، فرابنفش، مرئی، فروسرخ، میکروموج، امواج رادیویی ( $ELF, AM, FM$ ). بنابراین، در بین گزینه‌های داده شده، تنها گزینه «۴» به ترتیب افزایش بسامد و کاهش طول موج است.

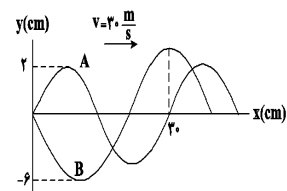
گزینه «۴»

ابتدا با استفاده از رابطه زیر، نسبت  $\frac{I_r}{I_1}$  را می‌یابیم:

$$\frac{I_r}{I_1} = \left( \frac{A_r}{A_1} \times \frac{f_r}{f_1} \times \frac{r_1}{r_r} \right)^2 \xrightarrow[r_r=d=0.1\text{ m}, r_1=1\text{ m}]{f_1=f_r, A_1=A_r} \frac{I_r}{I_1} = \left( 1 \times 1 \times \frac{1}{0.1} \right)^2 \Rightarrow \frac{I_r}{I_1} = \left( \frac{10}{1} \right)^2$$

اکنون با استفاده از رابطه تغییر تراز شدت صوت،  $\beta_r$  را می‌یابیم:

$$\Delta\beta = \beta_r - \beta_1 = 10 \log \frac{I_r}{I_1} \xrightarrow{\beta_1=25\text{ dB}} \beta_r - 25 = 10 \log \left( \frac{10}{1} \right)^2 \Rightarrow \beta_r - 25 = 20 \log \frac{10}{1} \Rightarrow \beta_r - 25 = 20 (\log 10 - \log 1) \xrightarrow[\log 10=1]{\log 1=0} \beta_r - 25 = 20(1 - 0) \Rightarrow \beta_r - 25 = 20 \Rightarrow \beta_r = 45\text{ dB}$$



گزینه درست: ۱

سوال ۵۲

گزینه «۱»

ابتدا دوره تناوب هر یک از موج‌ها را می‌یابیم، به این منظور چون  $\lambda$  و  $v$  معلوم‌اند، از رابطه  $\lambda = vT$  استفاده می‌کنیم. دقت کنید، چون هر دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند، تندی انتشار موج برای آن‌ها ثابت و یکسان است.

$$\frac{v\lambda_B}{f} = 30 \Rightarrow \lambda_B = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$T_B = \frac{\lambda_B}{v} \xrightarrow{v=30 \frac{\text{m}}{\text{s}}} T_B = \frac{0.3}{30} = \frac{1}{100} \text{ s}$$

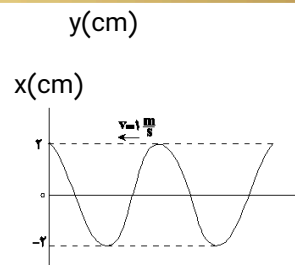
$$T_A = \frac{\lambda_A}{v} \xrightarrow{\lambda_A=30 \text{ cm}=0.3 \text{ m}} T_A = \frac{0.3}{30} = \frac{1}{100} \text{ s}$$

اکنون با استفاده از رابطه  $v_{\max} = A\omega$  می‌توان نوشت:

$$v_{\max} = A\omega \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} v_{\max} = A \times \frac{2\pi}{T}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\max A}}{v_{\max B}} = \frac{A_A}{A_B} \times \frac{T_B}{T_A} \xrightarrow{\frac{A_A=3 \text{ cm}}{A_B=5 \text{ cm}}} \frac{v_{\max A}}{v_{\max B}} = \frac{3}{5} \times \frac{1}{100}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\max A}}{v_{\max B}} = \frac{1}{3} \times \frac{3}{5} \Rightarrow \frac{v_{\max A}}{v_{\max B}} = \frac{1}{5}$$



گزینه درست: ۳

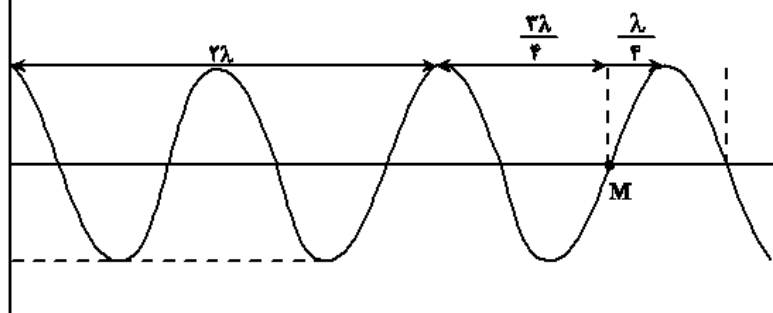
سوال ۵۳

گزینه «۳»

ابتدا طول موج را به دست می آوریم و مکان نقطه M را در لحظه  $t = 0$  مشخص می کنیم:

$$V = \lambda f \xrightarrow{v=1\frac{m}{s}, f=5Hz} \lambda = \frac{1}{5}m = 20cm$$

$$\frac{x_M}{\lambda} = \frac{55}{20} \Rightarrow x_M = 2\lambda + \frac{3}{4}\lambda$$



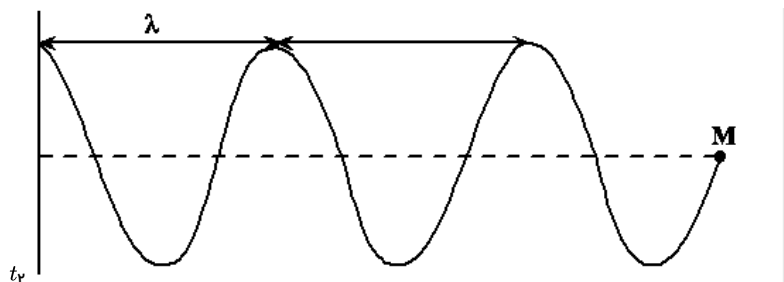
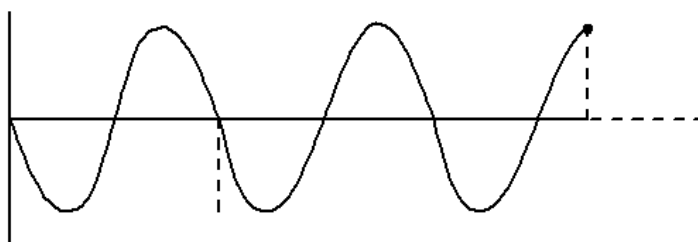
اکنون مکان ذره M را در لحظات  $t_1$  و  $t_r$  به دست می آوریم:

$$\frac{t_1}{T} = \frac{0.45}{0.4} = 1.125 \Rightarrow t_1 = 1T + \frac{T}{8}$$

$$\frac{t_r}{T} = \frac{0.6}{0.4} = 1.5 \Rightarrow t_r = 1.5T$$

$$t_1 = 0.45s$$

M



در لحظه  $t_1 = 0.45s$ ،  $v_m = 0$  و در لحظه  $t_r = 0.6s$ ،  $v_m = v_{max}$  و جهت آن به سمت بالا است. با توجه به رابطه شتاب متوسط داریم:

$$a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{max} - 0}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta t = 0.15s, v_{max} = A\omega = 2 \times 5\pi = 10\pi \frac{cm}{s}} \rightarrow$$

$$a_{av} = \frac{10\pi}{0.15} = \frac{10 \times 100}{15} \pi = \frac{1000}{3} \pi \frac{cm}{s^2} \xrightarrow{\pi = 3.14} \rightarrow$$

$$a_{av} = 1047 \frac{cm}{s^2}$$

۵۴

گزینه درست: ۴ سوال ۵۴

گزینه «۴»

بررسی گزینه‌ها:

گزینه «۱»: نادرست - طبق رابطه  $\ell = v\Delta t$ ، چون تندی انتشار موج به ویژگی‌های محیط وابسته است و به بسامد بستگی ندارد، لذا ثابت می‌ماند. بنابراین با توجه به این که  $\Delta t$  نیز ثابت است، مسافت طی شده تغییر نمی‌کند و برابر  $\ell$  است.

گزینه «۲»: نادرست - بنا به رابطه  $v_{\max} = A\omega = A \times 2\pi f$ ، با افزایش بسامد چشمه موج، بیشینه سرعت نوسان ذرات محیط افزایش می‌یابد، اما چون موج عرضی است انتشار در راستای محور  $x$  و نوسان ذرات در راستای محور  $y$  انجام می‌گیرد، لذا بیشینه سرعت نوسان ذرات مختلف بر روی محور  $y$ ها افزایش خواهد یافت.

گزینه «۳»: نادرست - دو جبهه موج هم‌فاز متوالی همواره در فاصله  $\lambda$  از یکدیگر واقع‌اند. طبق رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$ ، با افزایش بسامد، طول موج کاهش یافته و مقدار فاصله دو جبهه هم‌فاز متوالی نیز کاهش خواهد یافت.

گزینه «۴»: درست - با توجه به ثابت بودن مقدار  $v$ ، برای جابه‌جایی موج به اندازه دو برابر طول موج می‌توان نوشت:

$$\Delta x = v\Delta t \Rightarrow 2\lambda = v\Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{2\lambda}{v}$$

از طرفی طبق رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$  با افزایش بسامد، مقدار  $\lambda$  کاهش می‌یابد، لذا مقدار  $\Delta t$  نیز کاهش خواهد یافت. بنابراین موج مسافت  $2\lambda$  را در مدت زمان کمتری طی خواهد کرد.

۵۵

گزینه درست: ۲ سوال ۵۵

گزینه «۲»

چون تندی موج در ریسمان ثابت است، برای محاسبه پیشروی قله موج باید از رابطه  $\Delta x = v\Delta t$  استفاده کنیم. به همین منظور لازم است، تندی انتشار موج را داشته باشیم. بنابراین، با توجه به این که مسافت طی شده توسط هر ذره از ریسمان در مدت یک دوره تناوب برابر  $\ell = 4A$  است، ابتدا با استفاده از مسافت طی شده در مدت  $0.4s$  که برابر  $40cm$  است، دوره تناوب ( $T$ ) را می‌یابیم و سپس از رابطه  $\lambda = vT$ ، تندی انتشار موج را پیدا می‌کنیم:

$$\ell = 4A \xrightarrow{A=4cm} \ell = 4 \times 4 = 16cm$$

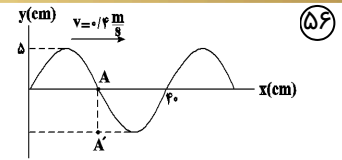
$$\frac{1}{n} = \frac{16cm}{40cm} \Rightarrow n = 2.5$$

$$T = \frac{t}{n} \xrightarrow[t=0.4s]{n=2.5} T = \frac{0.4}{2.5} \Rightarrow T = 0.16s$$

$$\lambda = vT \xrightarrow{\lambda=40cm=0.4m} 0.4 = v \times 0.16 \Rightarrow v = 2.5 \frac{m}{s}$$

بنابراین پیشروی قله موج برابر است با:

$$\Delta x = v\Delta t \xrightarrow[\Delta t=0.4s]{v=2.5 \frac{m}{s}} \Delta x = 2.5 \times 0.4 = 1m$$

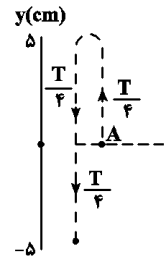


سوال ۵۶ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

با توجه به جهت انتشار موج، پس از لحظه نشان داده شده ذره A ابتدا بالا رفته و سپس در انتهای مسیر (نقطه بازگشت) برمی‌گردد و در ادامه حرکت در یک لحظه در نقطه A' خواهد بود. در این مدت ذره A مسافتی به اندازه ۳ برابر دامنه نوسان ( $\ell = 3A$ ) را طی می‌کند. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\ell = 3A \xrightarrow{A=5cm} \ell = 3 \times 5 = 15cm$$



از طرف دیگر، با توجه به شکل، زمان این جابه‌جایی برابر  $\Delta t = \frac{3T}{4}$  است. بنابراین، ابتدا T را می‌یابیم و سپس با استفاده از رابطه  $S_{av} = \frac{\ell}{\Delta t}$ ، تندی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$\lambda = vT \xrightarrow{\lambda=15cm, v=0.4m/s} 0.4 = \frac{15}{T} \Rightarrow T = 1s$$

$$\Delta t = \frac{3T}{4} = \frac{3 \times 1}{4} \Rightarrow \Delta t = \frac{3}{4}s$$

$$S_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \xrightarrow{\ell=15cm, \Delta t=\frac{3}{4}s} S_{av} = \frac{15}{\frac{3}{4}} = 20 \frac{cm}{s}$$

سوال ۵۷

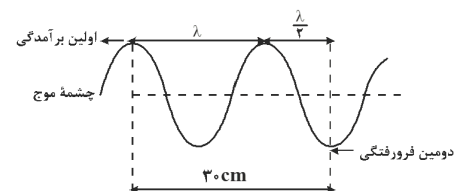
گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

با توجه به این‌که فاصله دو برآمدگی مجاور هم و یا دو فرورفتگی مجاور هم برابر یک طول موج است، لذا، مطابق شکل زیر، فاصله اولین برآمدگی تا دومین فرورفتگی برابر  $\lambda + \frac{\lambda}{4} = \frac{3\lambda}{4}$  می‌باشد. بنابراین، ابتدا قبل از افزایش عمق آب،  $\lambda$  و به دنبال آن تندی انتشار موج را می‌یابیم. با توجه به شکل داریم:

$$\frac{3\lambda}{4} = 30 \Rightarrow 3\lambda = 120 \Rightarrow \lambda = 40cm = 0.4m$$

$$v = \lambda f \xrightarrow{f=20Hz, \lambda=0.4m} v = 0.4 \times 20 = 8 \frac{m}{s}$$



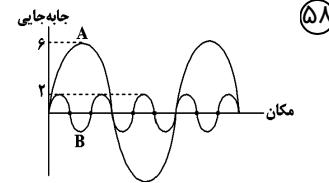
با افزایش عمق آب، تندی انتشار موج افزایش می‌یابد، بنابراین با توجه به این‌که بسامد موج ثابت است و تندی انتشار موج برابر  $v' = 4 + 8 = 12 \frac{m}{s}$  می‌شود، طول موج جدید را می‌یابیم:

$$\lambda' = \frac{v'}{f} \xrightarrow{v'=12m/s, f=20Hz} \lambda' = \frac{12}{20} = 0.6m \Rightarrow \lambda' = 60cm$$

در نهایت، فاصله یک برآمدگی تا فرورفتگی مجاورش که برابر  $\frac{\lambda'}{4}$  است، برابر است با:

$$x = \frac{\lambda'}{4} = \frac{60}{4} \Rightarrow x = 15cm$$





۵۸

سوال ۵۸ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

می‌دانیم شدت صوت با مجذور دامنه و بسامد رابطه مستقیم و با مجذور فاصله از چشمه صوتی رابطه عکس دارد. با توجه به نمودار نسبت بسامد دو صوت را به دست می‌آوریم:

$$v = \lambda f$$

$$\lambda_A = 3\lambda_B \Rightarrow \frac{v_B}{v_A} = \frac{\lambda_B f_B}{\lambda_A f_A} \xrightarrow{v_B = v_A} \frac{f_B}{f_A} = 6$$

$$2 = \frac{1}{3} \times \frac{f_B}{f_A} \Rightarrow \frac{f_B}{f_A} = 6$$

اکنون شدت صوت A را در فاصله d از آن محاسبه می‌کنیم:

$$\beta = \log \frac{I}{I_0} \xrightarrow{\beta = 55 \text{ dB}} 10^{5.5} = \frac{I}{10^{-12}}$$

$$10^{5.5} = 10^5 \times 10^{0.5} = 10^5 \times (10^{0.5})^2 \xrightarrow{10^{0.5} = 10^{\log 2} = 2} I = 10^5 \times 2^5 \times 10^{-12}$$

$$= 32 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}$$

$$I \propto \frac{A^2 f^2}{d^2} \Rightarrow \frac{I_B}{I_A} = \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2 \times \left(\frac{f_B}{f_A}\right)^2 \times \left(\frac{d_A}{d_B}\right)^2 \xrightarrow{\frac{A_B}{A_A} = \frac{1}{3}, \frac{f_B}{f_A} = 6, \frac{d_B}{d_A} = 2} \Rightarrow \frac{I_B}{I_A} = \left(\frac{1}{3}\right)^2 \times 6^2 \times 2^2 = 16 \Rightarrow I_B = 16 \times 32 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2}$$

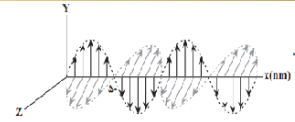
$$\xrightarrow{E = IAt} E = 16 \times 32 \times 10^{-8} \times 5 \times 10^{-6} = 2/56 \times 10^{-11} J = 2/56 \times 10^{-5} \mu J$$

۵۹

سوال ۵۹ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

می‌دانیم، ارتفاع بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند؛ بنابراین، با توجه به این که بسامد صوت ثابت می‌ماند، لذا ارتفاع صوت نیز ثابت خواهد ماند. از طرف دیگر بلندی شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند و هرچه شدت صوت بیشتر باشد، بلندی آن نیز بیشتر است. بنابراین، با توجه به رابطه  $\frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{A_r}{A_i} \times \frac{f_r}{f_i} \times \frac{r_i}{r_r}\right)^2$ ، با افزایش دامنه چشمه صوتی و ثابت بودن فاصله از چشمه و بسامد، شدت صوت افزایش می‌یابد، در نتیجه بلندی صوت نیز افزایش خواهد یافت.



۶۰

گزینه درست: ۳

سوال ۶۰

گزینه «۳»

برای انتخاب گزینه درست، ابتدا طول موج، دوره تناوب و بسامد موج را می‌یابیم. با توجه به شکل،  $\frac{\lambda}{4} = 50nm$  است. بنابراین با استفاده از رابطه  $\lambda = \frac{c}{f}$  و  $f = \frac{1}{T}$  داریم:

$$\frac{\lambda}{4} = 50nm \Rightarrow \lambda = 200nm \xrightarrow{n=10^{-9}}$$

$$\lambda = 200 \times 10^{-9} m = 2 \times 10^{-7} m$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \xrightarrow{c=3 \times 10^8 \frac{m}{s}} f = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^{-7}} \Rightarrow f = 1.5 \times 10^{15} Hz$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1.5 \times 10^{15}} \Rightarrow T = \frac{1}{1.5} \times 10^{-15} s$$

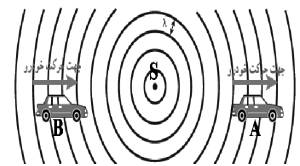
اکنون به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینه «۱»: نادرست است - طول موج امواج رادیویی از ۱ متر به بالا است. طول موج  $\lambda = 200nm$  در محدوده امواج فرابنفش قرار دارد.

گزینه «۲»: نادرست است - طبق رابطه  $d = vt$ ، مسافتی که موج در مدت ۱s طی می‌کند برابر  $d = 3 \times 10^8 \times 1 = 3 \times 10^8 m$  است.

گزینه «۳»: درست است - تعداد نوسان‌هایی که در هر ثانیه انجام می‌شود، همان بسامد است که برابر  $f = 1.5 \times 10^{15} s^{-1}$  یا  $Hz$  است.

گزینه «۴»: نادرست است - مدت زمان یک نوسان کامل همان دوره تناوب است که برابر  $T = \frac{1}{1.5} \times 10^{-15} s$  می‌باشد.



۶۱

گزینه درست: ۱

سوال ۶۱

گزینه «۱»

چون چشمه صوت ثابت است، تجمع جبهه‌های موج در دو سوی چشمه یکسان است، لذا، امواج صوتی با طول موج یکسان در محل خودروهای A و B قرار دارد. یعنی  $\lambda_A = \lambda_B = \lambda$  است.

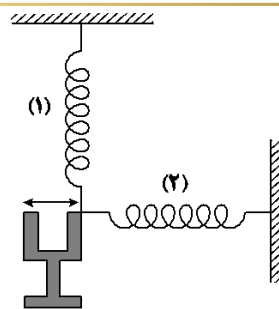
برای مقایسه بسامد، چون خودروی B به طرف چشمه ساکن S حرکت می‌کند، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه‌های موج بیشتری مواجه می‌شود که این منجر به افزایش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود. یعنی چشمه  $f_B > f$  است.

برای خودروی A که از چشمه صوت دور می‌شود، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه‌های موج کمتری مواجه می‌شود که این منجر به کاهش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود. یعنی چشمه  $f_A < f$  است. بنابراین داریم:

$$f_A < f < f_B$$

به‌طور کلی، اگر ناظر و چشمه صوت به هم نزدیک شوند، بسامد صوت دریافتی بیشتر از بسامد چشمه صوت واگر دور شوند، کمتر از بسامد چشمه صوت است.

۶۲



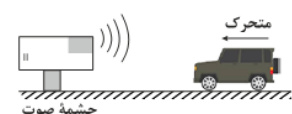
گزینه درست: ۲

سوال ۶۲

گزینه «۲»

با توجه به راستای نوسان دیپازون، در فنر (۱) راستای نوسان ذرات فنر بر راستای انتشار موج عمود است؛ بنابراین در این فنر، موج عرضی ایجاد می‌شود.

در فنر (۲) راستای نوسان ذرات فنر در راستای انتشار موج است، در نتیجه در این فنر، موج طولی ایجاد خواهد شد. همچنین، چون هر دو فنر به یک دیپازون متصل‌اند، بسامد نوسان آن‌ها یکسان خواهد بود.



۶۳

گزینه درست: ۳

سوال ۶۳

گزینه «۳»

برای بررسی گزینه‌ها لازم است موارد زیر را بدانیم:

(۱) ارتفاع، بسامدی است که گوش انسان درک می‌کند.

(۲) بلندی، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند. در واقع بلندی چیزی است که ما حس می‌کنیم.

(۳) گوش انسان صداهایی را می‌شنود که بسامد آن بین  $20\text{ Hz}$  تا  $20000\text{ Hz}$  باشد.

اکنون به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینه «۱»: نادرست است - با نزدیک شدن اتومبیل به چشمه صوت، راننده در مقایسه با حالتی که ساکن است، در مدت زمان یکسان، با جبهه‌های موج بیشتری مواجه می‌شود که این منجر به افزایش بسامد صوتی می‌شود که راننده می‌شنود، بنابراین، ارتفاع و بلندی صوت دریافتی توسط راننده پیوسته افزایش می‌یابد.

گزینه «۲»: نادرست است - مطابق آن‌چه در مورد گزینه «۱» گفتیم.

گزینه «۳»: درست است - چون راننده با حرکت شتابدار تندشونده به چشمه صوت نزدیک می‌شود، ممکن است بسامد دریافتی توسط وی از بسامد چشمه صوت که برابر  $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{300}{1/5 \times 10^{-2}} = 20000\text{ Hz}$  است، بیشتر می‌شود، پس احتمال شنیده شدن صوت توسط راننده پیوسته کاهش می‌یابد.

گزینه «۴»: نادرست است - وقتی چشمه موج ساکن است، تجمع جبهه‌های موج در اطراف چشمه موج یکسان است.



گزینه درست: ۳

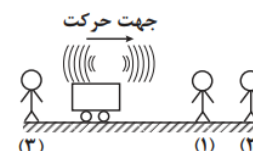
سوال ۶۴

گزینه «۳»

با توجه به شکل سوال، چون جبهه‌های موج (در هنگام حرکت در هوا) در جلوی چشمه موج، بر یکدیگر مماس‌اند، لذا تندی صوت برابر تندی چشمه موج (تندی حرکت گلوله) است. (صوت  $v$  = چشمه موج  $v$ ) از طرف دیگر، چون با ورود صوت و گلوله به درون آب، تندی صوت افزایش می‌یابد و تندی چشمه موج (تندی حرکت گلوله) همچنان ثابت فرض شده است، بنابراین در این حالت، تندی چشمه موج کوچک‌تر از تندی صوت می‌شود. (صوت  $v >$  چشمه موج  $v$ ) لذا شکل‌های جبهه موج مطابق شکل گزینه «۳» خواهد بود.



۶۵



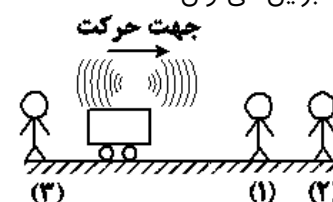
گزینه درست: ۳

سوال ۶۵

گزینه «۳»

وقتی چشمه موج صوتی حرکت می‌کند، فاصله جبهه‌های موج در جلوی چشمه صوت کمتر از پشت آن خواهد بود. بنابراین ناظرهای ساکن (۱) و (۲) که در جلوی چشمه صوت قرار دارند، طول موج کوتاه‌تری را نسبت به حالتی که چشمه صوت ساکن بود دریافت می‌کنند، که این به معنی افزایش بسامد برای این دو ناظر است. در حالی که ناظر ساکن (۳) که عقب چشمه موج قرار دارد، طول موج بلندتری را نسبت به وضعیتی که چشمه موج ساکن بود، دریافت می‌کند که این به معنی کاهش بسامد برای این ناظر است.

بنابراین می‌توان گفت:

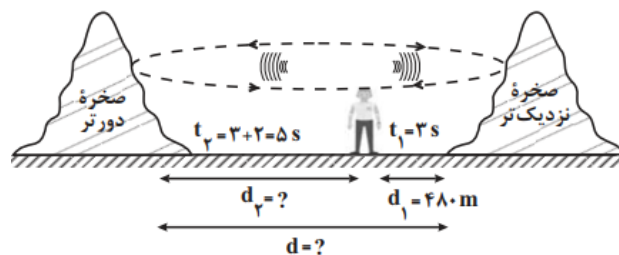


$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \lambda_1 = \lambda_2 < \lambda_3 \longrightarrow f_1 = f_2 > f_3$$

دقت کنید، چون تندی چشمه موج ثابت است،  $\lambda_1 = \lambda_2$  می‌باشد.

گزینه «۳»

چون صوت مسیر رفت و برگشت از نزدیک‌ترین صخره را در مدت  $t_1 = 3s$  طی می‌کند و فاصله این مسیر معلوم است، ابتدا با استفاده از رابطه  $\Delta L = S_{av} \Delta t$ ، تندی صوت را می‌یابیم. دقت کنید، چون  $t_1 = 3s$  زمان رفت و برگشت صوت است، در این مدت صوت مسافت  $L_1 = 2d_1$  را طی می‌کند.



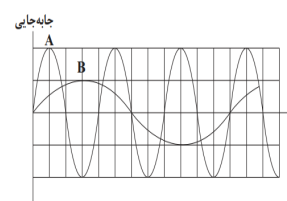
$$L_1 = 2d_1 = 2 \times 480m \xrightarrow[t_1 = 3s]{L_1 = 2d_1 = 2 \times 480m} 2 \times 480 = v \times 3 \Rightarrow v = 320 \frac{m}{s}$$

از طرف دیگر، چون دانش‌آموز صدای پژواک دوم از صخره دورتر را  $2s$  بعد از پژواک اول می‌شنود، زمان طی این مسیر رفت و برگشت برابر  $t_2 = 3 + 2 = 5s$  است. بنابراین فاصله شنونده از صخره دورتر برابر است با:

$$L_2 = vt_2 \xrightarrow[t_2 = 5s]{L_2 = 2d_2} 2d_2 = 320 \times 5 \Rightarrow d_2 = 800m$$

بنابراین فاصله دو صخره برابر است با:

$$d = d_1 + d_2 \xrightarrow[d_2 = 800m]{d_1 = 480m} d = 480 + 800 = 1280m$$



۶۷

گزینه «۱»

چون دو موج در یک محیط منتشر می‌شوند بنابراین تندی انتشار آن‌ها یکسان است. از طرفی مطابق شکل داریم:

$$\lambda_B = 3\lambda_A$$

بنابراین با توجه به رابطه تندی انتشار موج نسبت بسامد دو موج را به دست می‌آوریم:

$$v = \lambda f \xrightarrow[\lambda_B = 3\lambda_A]{v_A = v_B} f_A = 3f_B$$

از طرفی شدت صوت با مجذور دامنه و بسامد صوت رابطه مستقیم و با مجذور فاصله از چشمه صوت نسبت معکوس دارد.

$$I \propto \frac{A^2 f^2}{d^2} \xrightarrow[f_A = 3f_B, d_B = 3d_A]{A_A = 2A_B, d_A = 3d_B} \frac{I_A}{I_B} = 2^2 \times 3^2 \times \left(\frac{f_B}{f_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{I_A}{I_B} = 16$$

اکنون تراز شدت دو صوت را مقایسه می‌کنیم:

$$\beta_A - \beta_B = 10 \log \frac{I_A}{I_B} \xrightarrow[\frac{I_A}{I_B} = 16]{\log 2 = 0.3} \Delta \beta = 10 \log 16 \Rightarrow \Delta \beta = 40 \log 2 \xrightarrow[\log 2 = 0.3]{} \Delta \beta = 12 \text{ dB}$$

گزینه «۳»

ابتدا با استفاده از رابطه تراز شدت صوت، شدت صوت در محل قاب را می‌یابیم:

$$\begin{aligned}
 \beta &= 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \xrightarrow{\beta = 126 \text{ dB}} 126 = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \\
 &\Rightarrow 12.6 = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \xrightarrow{12.6 = \log 10^3 + \log\left(\frac{I}{10^3 I_0}\right)} \\
 12.6 - \log 10^3 &= \log\left(\frac{I}{10^3 I_0}\right) \xrightarrow{12.6 - 3 = 9.6} 9.6 = \log\left(\frac{I}{10^3 I_0}\right) \\
 \log 10^9 + \log 10^6 &= \log\left(\frac{I}{10^3 I_0}\right) \Rightarrow \log(10^9 \times 10^6) = \log\left(\frac{I}{10^3 I_0}\right) \\
 \log 10^9 + \log 10^6 &= \log\left(\frac{I}{10^3 I_0}\right) \Rightarrow \log(10^9 \times 10^6) = \log\left(\frac{I}{10^3 I_0}\right) \\
 \Rightarrow \frac{I}{I_0} &= 10^9 \times 10^6 \xrightarrow{I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}} I = 10^9 \times 10^6 \times 10^{-12} \\
 &= 10^3 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2}
 \end{aligned}$$

اکنون با استفاده از رابطه زیر،  $t$  را پیدا می‌کنیم:

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{E}{A \cdot t} \xrightarrow{I = 10^3 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2}, E = 1/5 \times 10^{-2} J} t = \frac{E}{A \cdot I} \\
 &= \frac{1/5 \times 10^{-2}}{10^3 \times 10^{-6}} = 150 \text{ s} \\
 t &= 150 \text{ s} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 2.5 \text{ min}
 \end{aligned}$$

گزینه «۲»

می‌دانیم تندی موج طولی ( $v_p$ ) در یک جسم جامد از تندی موج عرضی ( $v_s$ ) در همان جسم بیشتر است؛ بنابراین موج طولی در زمان کمتری، فاصله معینی را طی خواهد کرد. در این حالت داریم:

$$\begin{aligned}
 \Delta t &= \Delta t_s - \Delta t_p \xrightarrow{\Delta t = \frac{\Delta x}{v_s} - \frac{\Delta x}{v_p}} \Delta t = \frac{\Delta x}{v_s} - \frac{\Delta x}{v_p} \\
 \Delta t &= 1/5 \text{ min} = 90 \text{ s}, \Delta x = 1720 \text{ km} \xrightarrow{v_s = v, v_p = 1.5 v} 90 = \frac{1720}{v} - \frac{1720}{1.5 v} \\
 90 &= \frac{1720}{v} - 90.67 \Rightarrow 180.67 = \frac{1720}{v} \Rightarrow v = 9.5 \frac{\text{km}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

گزینه «۲»

برای محاسبه  $v_{\max}$  باید  $\omega$  معلوم باشند. بنابراین ابتدا  $v$  و سپس  $T$  را می‌یابیم. با داشتن  $\rho$ ،  $D$  و  $F$ ، تندی انتشار موج در تار مرتعش به صورت زیر به دست می‌آید:

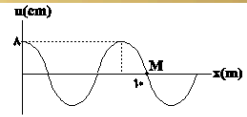
$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{g}{cm^3} = 5 \times 10^{-3} \frac{kg}{m^3} \xrightarrow{D = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}, F = 100 \text{ N}} v = \frac{1}{10^{-3}} \sqrt{\frac{100}{5 \times 10^{-3}}} \\
 &= \frac{1000}{1} \sqrt{\frac{100}{5}} = \frac{1000}{1} \sqrt{20} \Rightarrow v = 1000 \sqrt{20} \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

اکنون، با داشتن  $\lambda$  و  $v$ ، می‌توان  $T$  و به دنبال آن  $\omega$  را به دست آورد.

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{\lambda}{v} \xrightarrow{\lambda = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}, v = 1000 \sqrt{20} \frac{m}{s}} T = \frac{0.1}{1000 \sqrt{20}} \Rightarrow T = \frac{\sqrt{\pi}}{1000} \text{ s} \\
 \omega &= \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\sqrt{\pi}}{1000}} \Rightarrow \omega = 1000 \sqrt{\pi} \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$

در نهایت،  $v_{\max}$  برابر است با:

$$\begin{aligned}
 v_{\max} &= A \omega \xrightarrow{A = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}} v_{\max} = 10^{-3} \times 1000 \sqrt{\pi} \\
 &\Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\pi} \frac{m}{s}
 \end{aligned}$$



۷۱

گزینه درست: ۲

سوال ۷۱

گزینه «۲»

ابتدا دوره تناوب موج را به دست می آوریم، با توجه به رابطه بیشینه شتاب داریم:

$$a_{\max} = A\omega^2 \xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} a_{\max} = \frac{F\pi^2 A}{T^2}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{A}{a_{\max}}} \xrightarrow{a_{\max} = \frac{F\pi^2 A}{T^2}} T = \frac{F}{10} s$$

اکنون تندی انتشار موج را به دست می آوریم. با توجه به نقش موج داریم:

$$x_M = \lambda + \frac{\lambda}{F} = \frac{5\lambda}{F} \xrightarrow{x_M = 10m} \lambda = 4m$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \xrightarrow{T = \frac{F}{10} s} v = 20 \frac{m}{s}$$

با استفاده از رابطه تندی با نیرو و چگالی خطی داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu = \frac{F}{v^2}} F = 400 \times \frac{F}{F} = 400N$$

۷۲

گزینه درست: ۱

سوال ۷۲

گزینه «۱»

ابتدا شدت صوت را محاسبه می کنیم:

$$2/3 = 2 + 0/3 = \log 100 + \log 2 = \log 200 (*)$$

$$\beta = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \xrightarrow{\beta = 23dB} 2/3 = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) (*)$$

$$\log\left(\frac{I}{I_0}\right) = \log 200 \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 200$$

$$I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2} \xrightarrow{I = 200 \times 10^{-12} \frac{W}{m^2}} I = 2 \times 10^{-10} \frac{W}{m^2} (**)$$

حال با استفاده از رابطه شدت صوت و با توجه به این که موج صوتی به صورت کروی منتشر می شود، داریم:

$$I = \frac{E}{At} \xrightarrow{A = 4\pi r^2} I = \frac{E}{4\pi r^2 t} (**)$$

$$2 \times 10^{-10} = \frac{E}{4\pi \times 3 \times 10^2 \times 10} \Rightarrow E = 6 \times 10^{-7} J = 0.6 \mu J$$

۷۳

گزینه درست: ۱

سوال ۷۳

گزینه «۱»

با این فرض که  $f_2 > f_1$  در نتیجه  $\lambda_1 > \lambda_2$  است و با استفاده از رابطه  $f = \frac{c}{\lambda}$  داریم:

$$f_2 - f_1 = 4 \times 10^{15} Hz \quad (I)$$

$$E_2 = 4E_1 \Rightarrow hf_2 = 4hf_1 \Rightarrow f_2 = 4f_1 \quad (II)$$

با جایگذاری رابطه (II) در رابطه (I) داریم:

$$4f_1 - f_1 = 4 \times 10^{15} Hz \Rightarrow 3f_1 = 4 \times 10^{15} \Rightarrow f_1 = \frac{4}{3} \times 10^{15} Hz$$

با توجه به فرضی که در ابتدا داشتیم،  $\lambda_1$  طول موج بلندتر است. بنابراین:

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{3} \times 10^{15}} = \frac{9}{4} \times 10^{-7} m = \frac{900}{4} nm = 225 nm$$

۷۴

گزینه درست: ۴

سوال ۷۴

گزینه «۴»

با نصف شدن طول سیم جرم آن نیز نصف شده و چگالی خطی آن تغییری نخواهد کرد.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} = \sqrt{\frac{F_1 + \frac{1}{100} F_1}{F_1}} = \frac{15}{10} = \frac{3}{2}$$

(۷۵)

سوال ۷۵

گزینه درست: ۱

گزینه «۱»

اگر طول طعمه بزرگتر و یا مساوی با طول موج امواج فراصوتی باشد، وال قادر به تشخیص آن‌ها خواهد بود. بنابراین داریم:

$$t = \frac{x}{v} \Rightarrow 0.1 = \frac{2 \times 100}{v} \Rightarrow v = 2000 \frac{m}{s}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{2000}{100 \times 10^3} \Rightarrow \lambda = 0.02 m = 2 cm$$

بنابراین وال قادر به تشخیص طعمه‌هایی با طول ۲cm و بزرگتر از آن است.

(۷۶)

سوال ۷۶

گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

$$I = \frac{P}{A} \xrightarrow{P_2 = 30 P_1} \frac{I_2}{I_1} = 30$$

$$\Delta \beta = 10 \log \frac{I_2}{I_1} \xrightarrow{\frac{I_2}{I_1} = 30} \Delta \beta = 10 \log 30$$

$$\xrightarrow{\log 30 = \log 3 + \log 10} \Delta \beta = 15 dB \xrightarrow{\beta_2 = 1/3 \beta_1} 0.3 \beta_1 = 15 \Rightarrow \beta_1 = 50 dB$$

$$\beta_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \xrightarrow{\beta_1 = 50 dB} I_1 = 10^5 I_0 \xrightarrow{I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}} I_1 = 10^{-7} \frac{W}{m^2} \xrightarrow{E = I A t, t = 2 \times 10^{-8} s} E_1 = 5 \times 10^{-10} J$$

$$\xrightarrow{A = 2/5 \times 10^{-8} m^2}$$

(۷۷)

سوال ۷۷

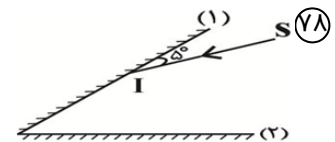
گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

می‌دانیم که برای امواج الکترومغناطیسی در خلأ، داریم:

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda_2 - \lambda_1 = c \left( \frac{1}{f_2} - \frac{1}{f_1} \right) = c \left( \frac{f_1 - f_2}{f_1 f_2} \right)$$

$$\Rightarrow f_1 - f_2 = \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)(f_1 f_2)}{c} = \frac{5 \times 10^{-2} \times 6 \times 10^{14}}{3 \times 10^8} = 10^9 Hz$$

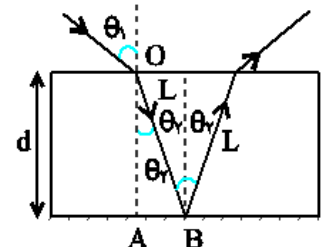


سوال ۷۸

گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

ابتدا ادامه مسیر پرتو SI را در بازتاب از آینه‌های (۱) و (۲) رسم می‌کنیم و سپس زاویه تابش را در آینه (۲) محاسبه می‌کنیم.



زاویه بین دو آینه را  $\alpha$  در نظر می‌گیریم. چون پرتو خروجی در دومین بازتاب از آینه (۱) موازی آینه (۲) است، مطابق شکل، زاویه این پرتو با آینه (۱) خواهد شد. از طرفی، طبق قانون عمومی بازتاب، زاویه تابش و بازتاب با هم برابرند. بنابراین، با توجه به اینکه مجموع زوایای داخلی مثلث برابر  $180^\circ$  است، زاویه  $\alpha$  را در شکل محاسبه می‌کنیم:

$$\triangle OII' \Rightarrow D = 5 + (180 - \alpha) \xrightarrow{D=130^\circ} 130 = 5 + 180 - \alpha$$

$$\Rightarrow \alpha = 65^\circ$$

$$\triangle I'AB \Rightarrow 2\alpha + \beta = 180 \Rightarrow 2 \times 65 + \beta = 180 \Rightarrow \beta = 50^\circ$$

برای نقطه B داریم:

$$2\beta + 2i = 180 \Rightarrow 2 \times 50 + 2i = 180 \Rightarrow 2i = 80 \Rightarrow i = 40^\circ$$

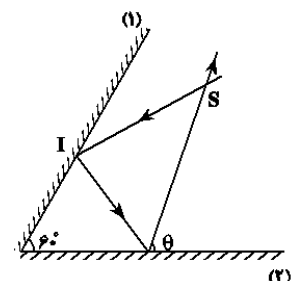


گزینه «۱»

می‌دانیم، اگر تأخیر زمانی بین پژواک صدای شخص و صدای اصلی آن، کمتر از  $0.1s$  باشد، گوش انسان نمی‌تواند پژواک را از صوت اصلی اولیه تمیز دهد. در نتیجه، باید حداقل زمان رفت و برگشت صوت برابر  $\Delta t = 0.1s$  باشد. از طرف دیگر، صوت در مسیر رفت و بازگشت، مسافت  $\ell = 2 \times 17/5 = 35m$  را طی می‌کند. بنابراین، با استفاده از رابطه زیر تندی صوت در محیط برابر است با:

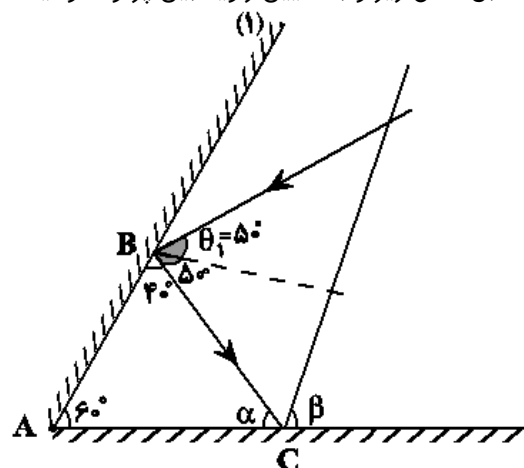
$$\Delta x_{\min} = v \Delta t_{\min} \xrightarrow[\Delta t_{\min} = 0.1s]{\Delta x_{\min} = \ell = 35m} 35 = v \times 0.1 \Rightarrow v = 350 \frac{m}{s}$$

۸۰



گزینه «۴»

مطابق شکل زیر و با تعیین زاویه بین پرتوها و آینه‌ها، برای مثلث ABC می‌توان نوشت:



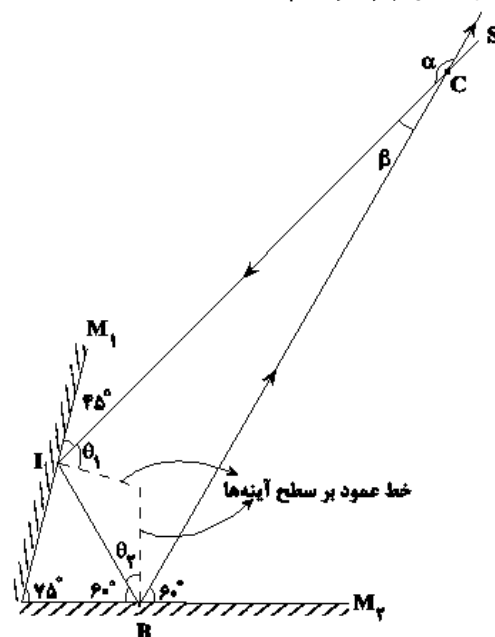
$$40^\circ + 60^\circ + \alpha = 180^\circ \Rightarrow \alpha = 80^\circ$$

از طرف دیگر می‌دانیم، زاویه‌ای که پرتو تابش با سطح آینه (۲) می‌سازد، برابر زاویه‌ای است که پرتو بازتاب با این سطح خواهد ساخت. بنابراین داریم:

$$\beta = \alpha \xrightarrow{\alpha = 80^\circ} \beta = 80^\circ$$

سوال ۸۱

زاویه‌ای که پرتو بازتابش از آینه  $M_1$  با پرتو SI می‌سازد، برابر با همان زاویه انحراف پرتو بازتاب نسبت به پرتو تابش است. لذا مطابق شکل زیر خواهیم داشت:



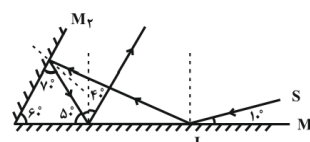
$$\Rightarrow \beta = \beta_0$$

$$\alpha + \beta = 1\lambda_0 \Rightarrow \alpha + 3_0 = 1\lambda_0 \Rightarrow \alpha = 1\delta_0$$

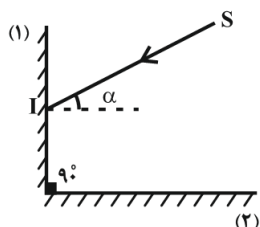
The diagram shows a horizontal beam of length \$l\$ and weight \$M\$ supported by a hinge at the left end. A vertical member of weight \$M\_T\$ is attached to the right end of the beam. The vertical member is inclined at an angle \$\varphi\$ to the vertical. The beam is inclined at an angle \$\alpha\$ to the horizontal. The system is in equilibrium.

سوال ۸۲

با استفاده از قانون بازتاب عمومی، داریم:



بنابراین زاویه دومین بازتاب از آینه  $M_1$  برابر  $40^\circ$  است.



گزینه درست: ۲

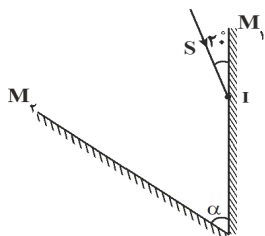
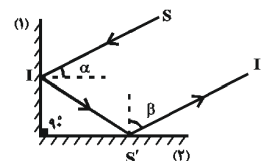
سوال ۸۳

گزینه «۲»

در این حالت خاص، که آینه‌های تخت بر یکدیگر عمود هستند. داریم:

$$\begin{cases} \alpha + \beta = 90^\circ & (1) \\ \text{همواره پرتوهای } SI \text{ و } S'I' \text{ موازیند.} & (2) \end{cases}$$

حال با توجه به رابطه (۱) می‌توان دریافت که  $\beta = 90^\circ - \alpha \rightarrow 45^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$

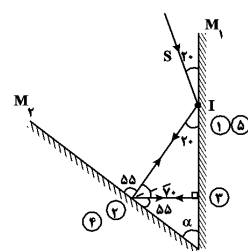


گزینه درست: ۳

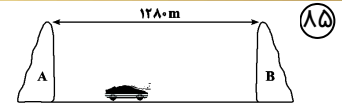
سوال ۸۴

گزینه «۳»

برای این‌که پرتو SI پس از ۵ برخورد متوالی با آینه‌های  $M_1$  و  $M_2$ ، از مجموعه دو آینه خارج شود، باید در برخورد سوم، بر آینه  $M_1$  عمود باشد. بنابراین با توجه به این‌که، زاویه پرتو ورودی با سطح آینه، در هر برخورد به اندازه زاویه بین دو آینه افزایش می‌یابد، با توجه به شکل زیر می‌توان نوشت:



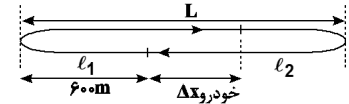
$$\alpha + 55 + 90 = 180 \Rightarrow \alpha = 35^\circ$$



سوال ۸۵ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

چون راننده پژواک صوت از دو صخره را همزمان دریافت می‌کند. بنابراین مسافت طی شده توسط دو صوت از لحظه بوق زدن تا لحظه دریافت توسط راننده یکسان است.



( $l_1$ ): مسافتی که صوت طی می‌کند تا پس از پژواک از صخره A به شخص برسد.

( $l_2$ ): مسافتی که صوت طی می‌کند تا پس از پژواک از صخره B به شخص برسد.)

$$l_1 = l_2, l_1 + l_2 = 2L \Rightarrow l_1 = l_2 = L = 1280m$$

اکنون زمانی که طول می‌کشد تا راننده صدای پژواک بوق را پس از لحظه زدن بوق دریافت کند به دست می‌آوریم:

$$t_1 = t_2 = \frac{l_1}{v_{\text{صوت}}} = \frac{1280}{320} = 4s$$

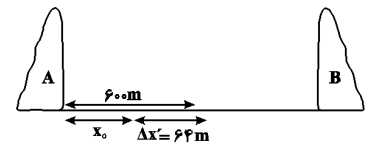
$$l_1 = L = 2 \times 600 + \Delta x_{\text{خودرو}} \Rightarrow \Delta x_{\text{خودرو}} = 80m$$

اکنون با توجه به رابطه حرکت با شتاب ثابت داریم:

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t \xrightarrow[t=4s]{a=2 \frac{m}{s^2}, \Delta x=80m} 80 = 4^2 + 4v_0 \Rightarrow v_0 = 16 \frac{m}{s}$$

اکنون جابه‌جایی اتومبیل از لحظه شروع حرکت تا لحظه‌ای که سرعت آن برابر  $16 \frac{m}{s}$  می‌شود را به دست می‌آوریم:

$$v^2 - v_0^2 = 2a\Delta x' \xrightarrow[v=16 \frac{m}{s}]{v_0=0, a=2 \frac{m}{s^2}} \Delta x' = \frac{16^2}{2 \times 2} = 64m$$

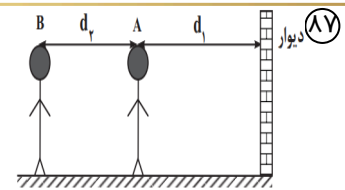


$$\Rightarrow x_0 = 600 - 64 = 536m$$

سوال ۸۶ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

از مکان‌یابی پژواکی امواج الکترومغناطیسی برای تعیین تندی خودروها استفاده می‌شود. دقت کنید، اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی نیز برقرار است.

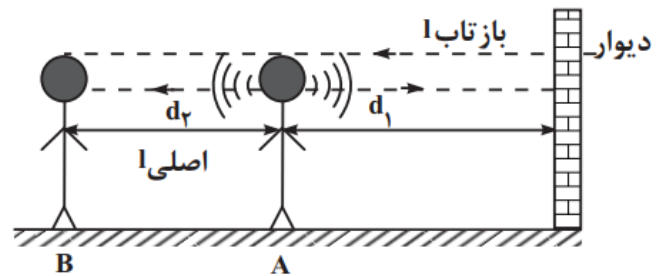


گزینه درست: ۴

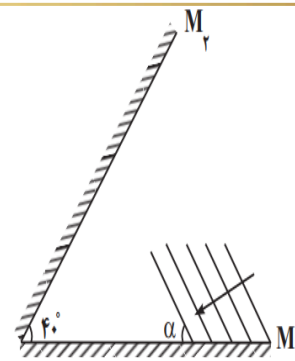
سوال ۸۷

گزینه «۴»

می‌دانیم، اگر تأخیر زمانی بین دو صوت کمتر از  $0.1s$  باشد، گوش انسان نمی‌تواند صوت بازتاب شده را از صوت مستقیم اولیه تمیز دهد. بنابراین، با توجه به این‌که وقتی شخص A فریاد می‌زند، مسافتی که صوت اصلی طی می‌کند تا به شخص B برسد برابر  $d_2$  و مسافتی که بازتاب آن طی می‌کند برابر  $2d_1 + d_2$  است، می‌توان با استفاده از معادله حرکت با سرعت ثابت، به صورت زیر، حداقل فاصله شخص A از دیوار را به دست آورد.



$$\begin{aligned}
 l_{\text{اصلی}} &= d_2 \Rightarrow \Delta t_{\text{اصلی}} = \frac{d_2}{v_{\text{صوت}}} \\
 l_{\text{بازتاب}} &= 2d_1 + d_2 \Rightarrow \Delta t_{\text{بازتاب}} = \frac{2d_1 + d_2}{v_{\text{صوت}}} \\
 \frac{\Delta t_{\text{بازتاب}} - \Delta t_{\text{اصلی}} &= 0.1s}{v_{\text{صوت}} = 330 \frac{m}{s}} \rightarrow \frac{2d_1 + d_2}{330} - \frac{d_2}{330} = 0.1 \\
 \Rightarrow 2d_1 &= 33 \Rightarrow d_1 = 16.5m = 1650cm
 \end{aligned}$$

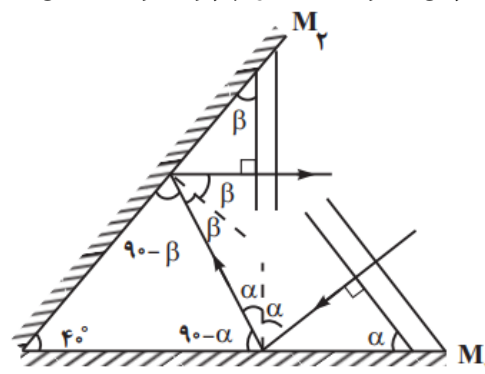


گزینه درست: ۱

سوال ۸۸

گزینه «۱»

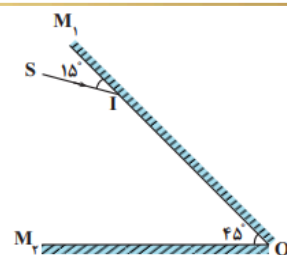
با توجه به این که زاویه بین جبهه موج با سطح آینه  $M_1$  برابر  $\alpha$  است، زاویه تابش پرتوهای تابیده به این آینه نیز  $\alpha$  خواهد بود. همچنین زاویه جبهه‌های موج بازتابیده از سطح آینه  $M_2$  (یعنی  $\beta$ ) برابر زاویه بازتاب پرتوهای بازتابیده از این آینه است. بنابراین با توجه به شکل زیر و با توجه به این که مجموع زاویه‌های داخلی هر مثلث برابر  $180^\circ$  است، می‌توان نوشت:



$$(90^\circ - \alpha) + (90^\circ - \beta) + 40^\circ = 180^\circ$$

$$180^\circ - (\alpha + \beta) + 40^\circ = 180^\circ \Rightarrow$$

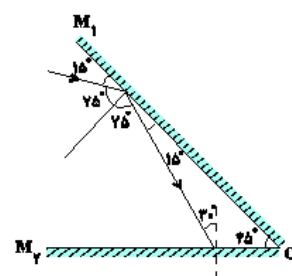
$$\alpha + \beta = 40^\circ$$



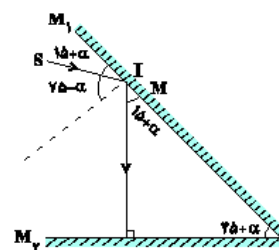
سوال ۸۹ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

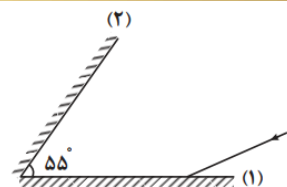
می‌دانیم، طبق قانون بازتاب عمومی، همواره زاویه بازتابش برابر زاویه تابش است. بنابراین، قبل از چرخش آینه  $M_1$ ، زاویه تابش به آینه  $M_2$  را می‌یابیم.



می‌بینیم، قبل از چرخش آینه  $M_1$ ، زاویه تابش برابر ۳۰ درجه است. برای آن‌که در اولین برخورد پرتو تابش به آینه  $M_2$ ، زاویه تابش ۳۰ درجه کاهش یابد، باید زاویه تابش برابر صفر درجه شود. یعنی، پرتو تابش بر آینه  $M_2$  عمود باشد. به همین منظور لازم است، زاویه بین دو آینه افزایش یابد. بنابراین، باید آینه  $M_1$  را به اندازه  $\alpha$  درجه ساعتگرد بچرخانیم. دقت کنید، چون پرتو SI ثابت است، با چرخش آینه  $M_1$ ، زاویه تابش  $\alpha$  درجه کاهش خواهد یافت.



$$(15 + \alpha) + 90 + (75 + \alpha) = 180 \Rightarrow \alpha = 15^\circ$$

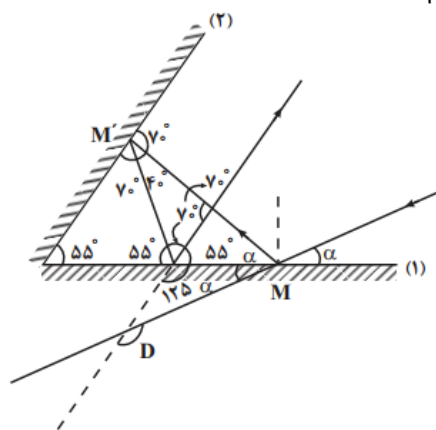


گزینه درست: ۴

سوال ۹۰

گزینه «۴»

مطابق شکل، ابتدا ادامه پرتو نور را رسم می‌کنیم و سپس اندازه زاویه‌ها را محاسبه می‌کنیم. دقت کنید، چون دومین بازتاب پرتو نور از آینه (۱)، موازی آینه (۲) است، با توجه به دو خط موازی و یک خط مورب، زاویه بین پرتوها و سطح آینه‌ها را پیدا نموده‌ایم.



$$OMM': \alpha + 55 + 70 + 40 = 180 \Rightarrow \alpha = 15^\circ$$

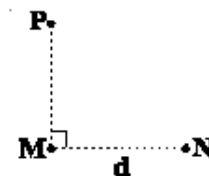
چون  $D$  زاویه خارجی مثلث است، برابر است با:

$$D = 125 + \alpha = 125 + 15 \Rightarrow D = 140^\circ$$





۹۲



گزینه درست: ۲

سوال ۹۲

گزینه «۲»

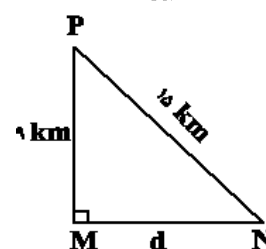
ابتدا باید فاصله ایستگاه  $N$  از گیرنده  $P$  را به دست آورد و سپس با توجه به رابطه فیثاغورس فاصله ایستگاه  $M$  از  $N$  را به دست می آوریم:

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

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

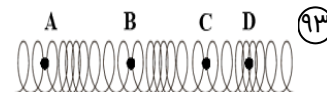
$$\xrightarrow[\substack{\Delta t = 20 \times 10^{-8} s, x_{PM} = 9000 m \\ c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}}]{\quad} 20 \times 10^{-8} = \frac{x_{PN} - 9000}{3 \times 10^8}$$

$$\Rightarrow x_{PN} = 15000 m$$



$$PN^2 = PM^2 + MN^2 \Rightarrow MN = \sqrt{PN^2 - PM^2}$$

$$\sqrt{15000^2 - 9000^2} = \sqrt{144 \times 10^6} = 12 \times 10^3 m = 12 km$$



۹۳

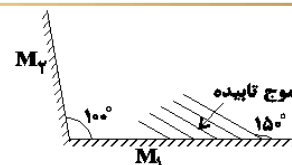
گزینه درست: ۳

سوال ۹۳

گزینه «۳»

نقاطی که در لحظه نشان داده شده در وسط فشردگی یا وسط کشیدگی قرار گرفته اند، در حالت عادی خود هستند و در آن لحظه در مرکز نوسان خود قرار دارند.

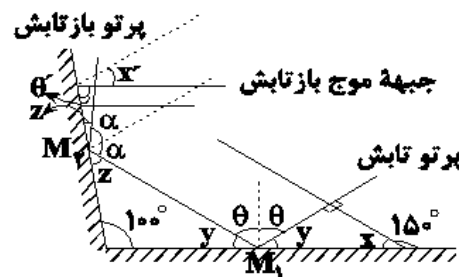
۹۴



گزینه درست: ۲

سوال ۹۴

گزینه ی «۲»



پرتو تابش به آینه  $M_1$  باید به جبهه‌های موج تابیده شده عمود باشد.

$$\text{بنابراین: } x + 150^\circ = 180^\circ \Rightarrow x = 30^\circ$$

$$x + y = 90^\circ \Rightarrow y = 60^\circ$$

$$\theta + y = 90^\circ \Rightarrow \theta = 30^\circ$$

$$\text{مجموع زوایای داخلی مثلث} \Rightarrow z + y + 100 = 180^\circ \Rightarrow z + 60 + 100 = 180^\circ$$

$$z = 20^\circ$$

$$\theta' = 90 - z = 70^\circ$$

$$x' = 90 - \theta' = 20^\circ$$

۹۵

گزینه درست: ۲

سوال ۹۵

گزینه «۲»

در موج‌های ایجاد شده در فنر، مولکول‌های ماده (فنر) از یک سرتا سر دیگر فنر جابه‌جا نمی‌شوند، بلکه موج از یک سر به سر دیگر حرکت می‌کند.

۹۶

گزینه درست: ۳

سوال ۹۶

گزینه «۳»

تمام گزینه‌ها سرعت را  $\sqrt{2}$  برابر می‌کنند به جز گزینه (۳) که ۲ برابر می‌کند.

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu = \frac{m}{L}} v = \sqrt{\frac{FL}{m}}$$

$$۱) v' = \sqrt{\frac{2FL}{m}} = \sqrt{2}v$$

$$۲) v' = \sqrt{\frac{FL}{\frac{m}{2}}} = \sqrt{\frac{2FL}{m}} = \sqrt{2}v$$

$$۳) v = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho\pi}} \Rightarrow v' = \frac{F}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho\pi}} = 2v$$

$$۴) v' = \sqrt{\frac{F(2L)}{m}} = \sqrt{\frac{2FL}{m}} = \sqrt{2}v$$

۹۷



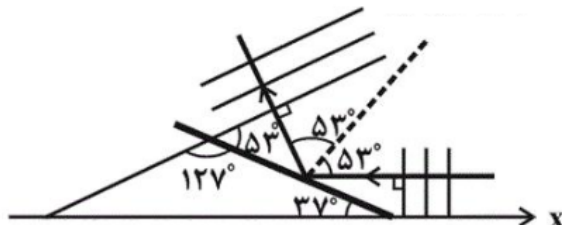
گزینه درست: ۲

سوال ۹۷

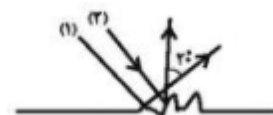
گزینه ی «۲»

با توجه به شکل زاویه تابش برابر با  $۵۳^\circ$  است. از قانون بازتاب می‌دانیم که زاویه تابش و بازتابش با هم برابرند. با محاسبه زاویه‌ها در شکل، زاویه بین جبهه‌های بازتابی و محور  $x$  برابر  $۱۶^\circ$  است.

جبهه باز تابیده



۹۸



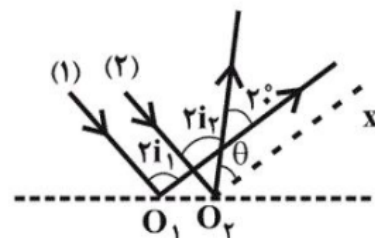
گزینه درست: ۱

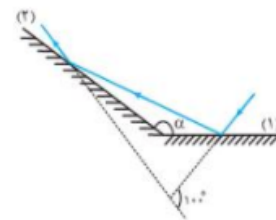
سوال ۹۸

گزینه ی «۱»

ابتدا خط  $O_1x$  را مطابق شکل موازی با پرتو بازتابش (۱) رسم می‌کنیم و از هندسه مسأله (قطع خط مورب با دو خط موازی) نتیجه می‌گیریم که  $\theta = ۲۰^\circ$  است. با توجه به شکل، داریم:

$$\Rightarrow 2i_1 = 2i_2 + 20^\circ \Rightarrow i_1 = i_2 + 10^\circ$$

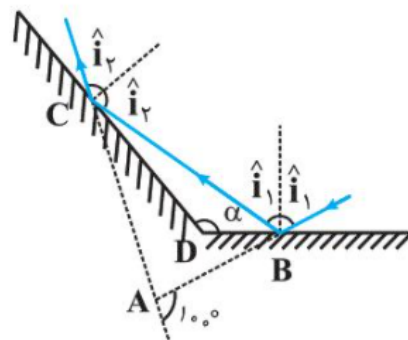




گزینه درست: ۳

سوال ۹۹

گزینه «۳»

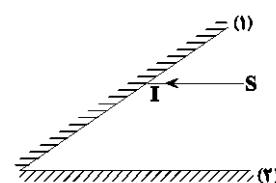


طبق قانون بازتاب عمومی، همواره زاویه تابش برابر با زاویه بازتابش است. از طرفی می‌دانیم در هر مثلث، هر زاویه خارجی با مجموع دو زاویه داخلی دیگر مثلث برابر است. بنابراین در مثلث  $\triangle ABC$  داریم:

$$100^\circ = 2(90^\circ - i_1) + 2(90^\circ - i_2) \\ \Rightarrow (90^\circ - i_1) + (90^\circ - i_2) = 50^\circ$$

حال در مثلث  $\triangle BCD$  با توجه به این‌که مجموع زوایای داخلی هر مثلث  $180^\circ$  است، داریم:

$$\hat{\alpha} + (90^\circ - i_1) + (90^\circ - i_2) = 180^\circ \Rightarrow \hat{\alpha} + 50^\circ = 180^\circ \Rightarrow \hat{\alpha} = 130^\circ$$

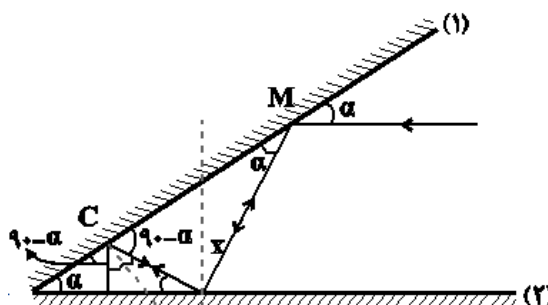


گزینه درست: ۳

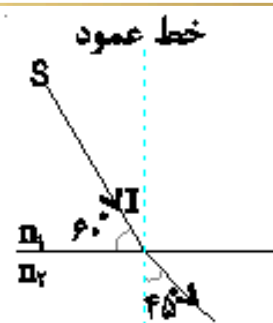
سوال ۱۰۰

گزینه «۳»

با توجه به قانون بازتاب عمومی، زاویه تابش با زاویه بازتابش برابر است، با ترسیم مسیر پرتو SI زاویه بین دو آینه را به دست می‌آوریم:



$$\triangle MNC \Rightarrow (90^\circ - \alpha) + \alpha + x = 180^\circ \Rightarrow x = 90^\circ$$

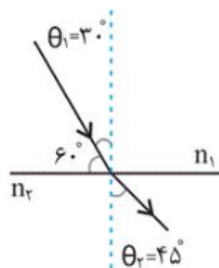


گزینه درست: ۲

سوال ۱۰۱

گزینه «۲»

با استفاده از قانون شکست عمومی و با توجه به شکل زیر داریم:



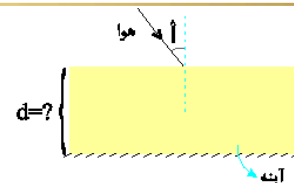
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} \xrightarrow{\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}} \frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2} v_1$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{2}}{1} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{2} v_1$$

از طرف دیگر، با توجه به ثابت بودن بسامد موج در دو محیط، با استفاده از رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$  داریم:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \times \frac{f_2}{f_1} \xrightarrow{f_2=f_1} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{2} \Rightarrow \lambda_2 = \sqrt{2} \lambda_1$$

۱۰۲

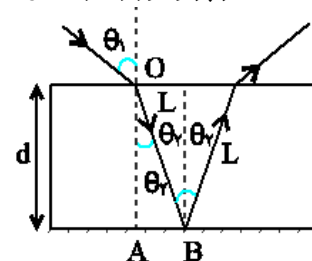


گزینه درست: ۲

سوال ۱۰۲

گزینه «۲»

ابتدا مسیر پرتو نور را در داخل تیغه رسم می‌کنیم و سپس با توجه به رابطه اسنل زاویه  $\theta_r$  را محاسبه می‌کنیم:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow[n_1 = 1, n_2 = \frac{v}{c}]{\sin \theta_1 = \frac{v}{c}} 1 \times \frac{v}{c} = \frac{v}{c} \times \sin \theta_v$$

$$\Rightarrow \sin \theta_v = \frac{c}{v} \Rightarrow \cos \theta_v = \frac{v}{c}$$

در مثلث قائم‌الزاویه OAB داریم:

$$\cos \theta_v = \frac{d}{L} \Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{d}{L} \Rightarrow L = \frac{cd}{v}$$

از طرف دیگر، طبق رابطه تندی  $v = \frac{L}{\Delta t}$  است. که در آن  $L$ ، مسافتی که نور داخل تیغه متوازی السطوح طی می‌کند و  $v$  تندی نور در محیط شفاف است که از رابطه  $v = \frac{c}{n}$  به دست می‌آید، می‌توان نوشت:

$$v = \frac{L}{\Delta t} \xrightarrow[L = vL]{v = \frac{c}{n}} \frac{c}{n} = \frac{vL}{\Delta t} \xrightarrow[L = \frac{cd}{v}]{n = \frac{c}{v}} \frac{c}{\frac{c}{v}} = \frac{vd}{\Delta t}$$

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{v} = \frac{cd}{v^2} = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^{-9}} \text{ s}$$

$$\frac{3 \times 10^8}{\frac{v}{c}} = \frac{vd}{\frac{cd}{v^2}} \Rightarrow d = \frac{c^2}{v} \Delta t = \frac{3 \times 10^8}{1 \times 10^{-9}} = 21.6 \text{ m} = 2160 \text{ cm}$$

۱۰۳

گزینه درست: ۴

سوال ۱۰۳

گزینه «۴»

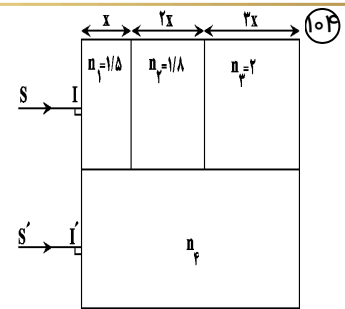
بررسی موارد:

مورد «الف»: نادرست. اگر سطح زمین سردتر از هوا باشد، پدیدهٔ سراب رخ نمی‌دهد.

مورد «ب»: نادرست. بنابه رابطه  $v = \frac{c}{n}$ ، چون ضریب شکست منشور برای نورهای آبی و قرمز یکسان نیست، تندی آنها نیز در داخل منشور یکسان نخواهد بود.

مورد «پ»: درست. چون ضریب شکست منشور برای نور بنفش بیشتر از ضریب شکست برای سایر نورها است، لذا، زاویهٔ شکست برای نور بنفش کمتر، در نتیجه، انحراف آن بیشتر است.

مورد «ت»: درست. هوای نزدیک به سطح زمین بر اثر گرم شدن متلاطم می‌شود و باعث می‌گردد، سراب آبگیر مانند موج‌های آب، لرزان به نظر برسد.



گزینه درست: ۲

سوال ۱۰۴

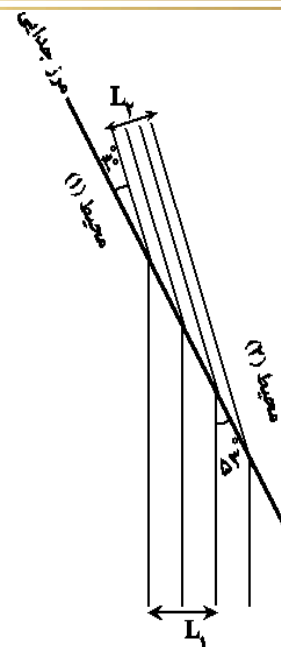
گزینه «۲»

می‌دانیم، اگر پرتو نور به‌طور عمود بر مرز جدایی دو محیط بتابد، بدون انحراف به مسیر خود ادامه می‌دهد. از طرفی پرتو SI از محیط‌های (۱)، (۲) و (۳) و پرتو  $S'I'$  فقط از محیط (۴) عبور می‌کند. بنابراین، چون این دو پرتو هم‌زمان از محیط‌ها خارج می‌شوند، لذا  $t_1 + t_2 + t_3 = t_F$  خواهد بود.

در این حالت با استفاده از رابطه  $\Delta x = v \cdot t$  و با توجه به این‌که  $v = \frac{c}{n}$  (c تندی نور در خلأ است) می‌باشد، به‌صورت زیر،  $n_F$  را می‌یابیم:

$$\begin{aligned}
 t_1 + t_2 + t_3 = t_F &\xrightarrow{t = \frac{\Delta x}{v}} \frac{\Delta x_1}{v_1} + \frac{\Delta x_2}{v_2} + \frac{\Delta x_3}{v_3} = \frac{\Delta x_F}{v_F} \\
 \Delta x_1 = x, \Delta x_2 = 2x, \Delta x_3 = 3x &\xrightarrow{\Delta x_F = 6x, v = \frac{c}{n}} \frac{x}{\frac{c}{n_1}} + \frac{2x}{\frac{c}{n_2}} + \frac{3x}{\frac{c}{n_3}} = \frac{6x}{\frac{c}{n_F}} \\
 \Rightarrow \frac{n_1 x + 2n_2 x + 3n_3 x}{c} = \frac{6n_F x}{c} &\xrightarrow{n_1 = 1/5, n_2 = 1/8, n_3 = 2} \\
 1/5 x + 2 \times 1/8 x + 3 \times 2x = 6n_F x &\Rightarrow 1/5 + 3/6 + 6 = 6n_F \\
 \Rightarrow n_F = \frac{11/1}{6} = 1/85
 \end{aligned}$$





سوال ۱۰۵ گزینه درست: ۱

گزینه «۱»

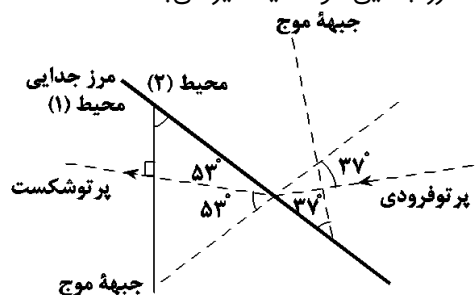
می‌دانیم فاصله بین دو جبهه موج متوالی برابر یک طول موج  $(\lambda)$  است. از طرف دیگر، با توجه به شکل سوال،  $L_2 = 3\lambda_2$  و  $L_1 = 2\lambda_1$  است. با استفاده از قانون شکست عمومی و رابطه  $v = \lambda f$  داریم:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \xrightarrow{f=SMIY} \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{\lambda_2 f}{\lambda_1 f} \xrightarrow{\lambda_1 = \frac{L_1}{f}} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{L_2}{L_1}$$

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{\frac{L_2}{f}}{\frac{L_1}{f}} \Rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{L_2}{L_1} \xrightarrow{\theta_1 = 53^\circ, \theta_2 = 37^\circ} \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{L_2}{L_1}$$

$$\frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{0.6}{0.8} = \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{3}{4}$$

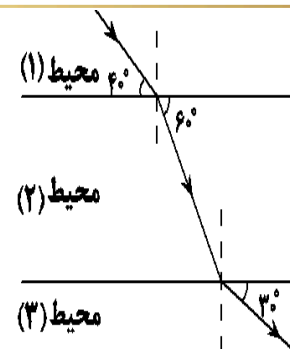
دقت کنید،  $\theta_1$  زاویه بین پرتو فرودی و خط عمود بر مرز جدایی دو محیط و  $\theta_2$  زاویه بین پرتو شکست و خط عمود بر مرز جدایی دو محیط می‌باشد. در ضمن،  $\theta_1$  و  $\theta_2$  به ترتیب زاویه تند (حاده) بین جبهه‌های موج فرودی و جبهه‌های موج شکست با مرز جدایی دو محیط نیز می‌باشند.



سوال ۱۰۶ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

چون تندی صوت در هوا (محیط رقیق) کمتر از تندی صوت در آب (محیط غلیظ) است، در هنگام ورود موج صوتی از آب به هوا، پرتوهای موج که عمود بر جبهه‌های موج هستند، به خط عمود نزدیک می‌شوند. بنابراین، با توجه به رابطه  $\lambda = \frac{v}{f}$ ، چون بسامد موج ثابت است، با کاهش تندی موج، طول موج آن نیز کمتر می‌شود. لذا، جبهه‌های موج به یکدیگر نزدیک می‌شوند.



گزینه درست: ۲

سوال ۱۰۷

گزینه «۲»

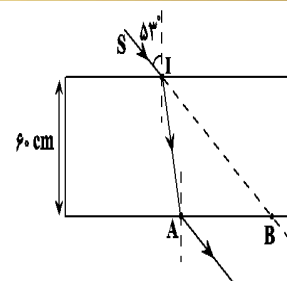
هرگاه پرتوی نور در ورود به یک محیط به خط عمود نزدیک شود، زاویه شکست ( $\theta_r$ ) کاهش می‌یابد. بنا به رابطه  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ ، باید ضریب شکست آن محیط نسبت به محیط اول بزرگ‌تر باشد. در این‌جا، چون  $\theta_2 < \theta_1$  است، الزاماً  $n_2 > n_1$  خواهد بود. همچنین، چون زاویه شکست در محیط (۳) بزرگ‌تر از زاویه تابش در محیط (۲) است ( $\theta_3 > \theta_2$ )، الزاماً  $n_3 < n_2$  می‌باشد، علاوه بر این  $\theta_3 > \theta_1$  است، در نتیجه  $n_1 > n_3$  است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$n_3 < n_1 < n_2$$

از طرف دیگر، بنا به رابطه  $\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{n_i}{n_r} = \frac{v_r}{v_i}$ ، با  $n$  رابطه وارون دارد،

بنابراین:

$$n_3 < n_1 < n_2 \Rightarrow v_3 > v_1 > v_2$$

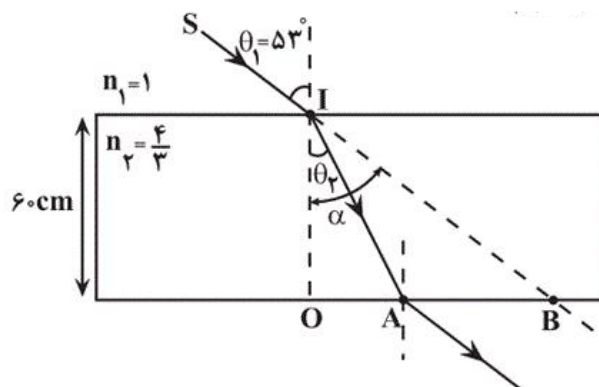


گزینه درست: ۱

سوال ۱۰۸

گزینه «۱»

ابتدا به کمک قانون شکست اسنل - دکارت، زاویه  $\theta_r$  را به دست می‌آوریم:  
با توجه به شکل داریم:



$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

$$\Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = \frac{4}{3} \times \sin \theta_r \xrightarrow{\sin 53^\circ = 0.4}$$

$$1 \times 0.4 = \frac{4}{3} \sin \theta_r \Rightarrow \sin \theta_r = 0.3 \xrightarrow{\sin 37^\circ = 0.6} \theta_r = 37^\circ$$

اکنون برای مثلث OIA می‌توان نوشت:

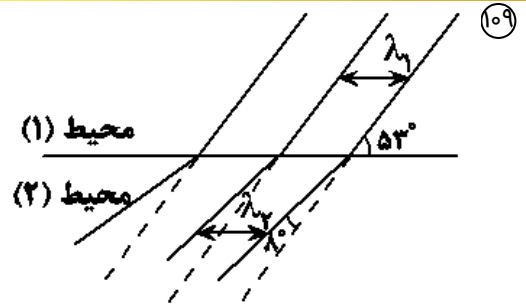
$$\tan \theta_r = \frac{OA}{OI} \xrightarrow{\theta_r = 37^\circ, OI = 6 \text{ cm}} \tan 37^\circ = \frac{OA}{6} \xrightarrow{\tan 37^\circ = \frac{3}{4}} \frac{3}{4} = \frac{OA}{6} \Rightarrow OA = 4.5 \text{ cm}$$

هم‌چنین برای مثلث OIB داریم:

$$\tan \alpha = \frac{OB}{OI} \xrightarrow{\alpha = \theta_i = 53^\circ, OI = 6 \text{ cm}} \tan 53^\circ = \frac{OB}{6} \xrightarrow{\tan 53^\circ = \frac{4}{3}} \frac{4}{3} = \frac{OB}{6} \Rightarrow OB = 8 \text{ cm}$$

در آخر، فاصله AB برابر است با:

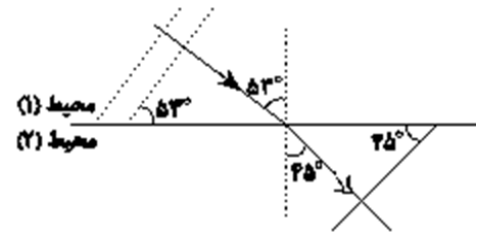
$$OA + AB = OB \Rightarrow 4.5 + AB = 8 \Rightarrow AB = 3.5 \text{ cm}$$



سوال ۱۰۹ گزینه درست: ۲

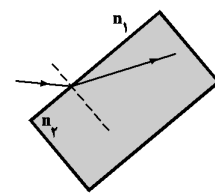
گزینه «۲»

با توجه به شکل صورت سؤال، زاویه بین جبهه موج و سطح آینه در محیط (۱) و (۲) به ترتیب برابر با  $53^\circ$  و  $45^\circ$  است. بنابراین داریم:



$$n_1 \sin i = n_2 \sin r$$

$$\begin{aligned} \frac{i=53^\circ}{r=45^\circ} \rightarrow \frac{n_1}{n_2} &= \frac{\sin 45^\circ}{\sin 53^\circ} \xrightarrow{\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}} \frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{v}{\lambda}}{\frac{v}{\lambda}} = \frac{5\sqrt{2}}{\lambda} \\ \lambda &= \frac{v}{f} \xrightarrow{f=\text{ثابت}} \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{5\sqrt{2}}{\lambda} \end{aligned}$$



سوال ۱۱۰ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

با توجه به اینکه  $n_1 > 1$  است، بنابراین محیط با ضریب شکست  $n_1$  از هوا غلیظتر است. این محیط به خط عمود نزدیکتر شده است و طبق قانون شکست اسنل، داریم:

$$\theta_r = 53^\circ - 16^\circ = 37^\circ$$

$$n \sin \theta = n' \sin \theta' \Rightarrow n_{\text{هوا}} \sin 53^\circ = n_1 \sin 37^\circ$$

$$\Rightarrow 1 \times \frac{4}{5} = n_1 \times \frac{3}{5} \Rightarrow n_1 = \frac{4}{3}$$

با توجه به شکل، نور در ورود از محیط  $n_1$  به محیط  $n_2$  از خط عمود دورتر شده، پس  $n_2$  کمتر از  $n_1$  است که فقط گزینه «۲» به این صورت می‌باشد.

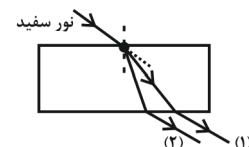
۱۱۱

سوال ۱۱۱ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

در روزهای گرم، هرچه به سطح زمین نزدیکتر شویم، دما افزایش می‌یابد. بنابراین چگالی هوا در نزدیکی سطح زمین کاهش می‌یابد که این موضوع سبب کاهش ضریب شکست و افزایش سرعت انتقال موج می‌شود.

۱۱۲



سوال ۱۱۲ گزینه درست: ۲

گزینه «۲»

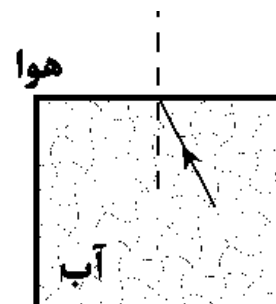
بیشترین شکست مربوط به رنگ بنفش و کمترین شکست مربوط به رنگ قرمز است.

پس  $\left. \begin{array}{l} (1) \leftarrow \text{قرمز} \\ (2) \leftarrow \text{بنفش} \end{array} \right\}$

$n_{\text{بنفش}} < \dots < n_{\text{قرمز}}$

طیف نور سفید یک طیف پیوسته متشکل از هفت رنگ است که بین این رنگ‌ها مرز مشخصی وجود ندارد.

۱۱۳



سوال ۱۱۳ گزینه درست: ۴

گزینه «۴»

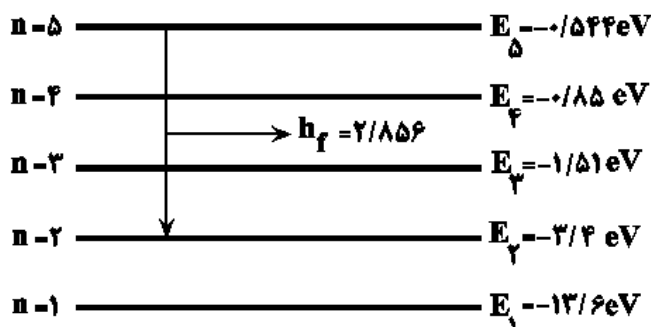
با ورود پرتو از محیط غلیظ به رقیق، پرتو از خط عمود دورتر می‌شود. (رد گزینه‌های ۲ و ۳) با توجه به اینکه بسامد نور آبی بیشتر از نور قرمز است (طول موج آن کمتر است)، ضریب شکست و میزان انحراف آن بیشتر خواهد بود و گزینه «۴» صحیح است.

۱۱۴

سوال ۱۱۴ گزینه درست: ۳

گزینه «۳»

ابتدا به کمک رابطه  $E_n = -\frac{E_R}{n^2}$  و جایگذاری مقادیر  $n = 1, 2, 3, 4, 5$  در این رابطه، ابتدا انرژی الکترون در ۵ مدار را به دست آوریم:

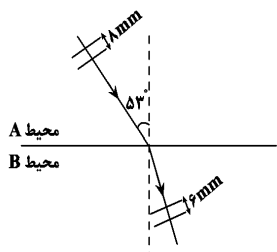


اکنون با کمی دقت متوجه می‌شویم که اگر الکترون از مدار  $n=5$  به مدار  $n'=2$  سقوط کند، فوتونی با انرژی  $2.856 \text{ eV}$  گسیل می‌کند.

دقت کنید، حالت  $n=1$  را حالت پایه و حالت‌های  $n \geq 2$  را حالت‌های برانگیخته می‌گوییم. بنابراین، مدار  $n=5$  چهارمین حالت برانگیخته است.

گزینه «۴»

تندی انتشار موج در قسمت عمیق بیش‌تر از قسمت کم‌عمق است. بنابراین مطابق رابطه  $v = \lambda f$  با توجه به این‌که بسامد تغییر نمی‌کند، طول موج در قسمت کم‌عمق کمتر است و فاصله جبهه‌های موج در قسمت کم‌عمق کمتر می‌شود. با انتقال موج از قسمت عمیق به کم‌عمق چون تندی کاهش می‌یابد، زاویه راستای انتشار موج با خط عمود در مرز دو قسمت نیز کاهش می‌یابد.



گزینه «۲»

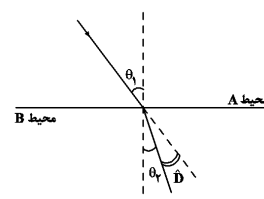
با استفاده از قانون شکست اسنل و با توجه به اینکه فاصله بین دو جبهه موج مجاور، طول موج است، می‌توان نوشت:

$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{v_r}{v_i} \xrightarrow[v = \lambda f]{v = \lambda f} \frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A}$$

$$\theta_i = 53^\circ, \lambda_B = 6 \text{ mm} \rightarrow \lambda_A = 8 \text{ mm}$$

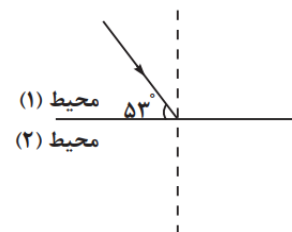
$$\frac{\sin \theta_r}{\sin 53^\circ} = \frac{6}{8} \xrightarrow{\sin 53^\circ = 0.8} \frac{\sin \theta_r}{0.8} = \frac{6}{8} \Rightarrow \sin \theta_r = 0.6$$

$$\Rightarrow \theta_r = 37^\circ$$



بنابراین، زاویه انحراف برابر است با:

$$\hat{D} = |\theta_i - \theta_r| = |53 - 37| \Rightarrow \hat{D} = 16^\circ$$



گزینه درست: ۴

سوال ۱۱۷

گزینه «۴»

چون تندی نور در محیط (۱)، ۲۵ درصد کمتر از تندی نور در محیط (۲) است، خواهیم داشت:

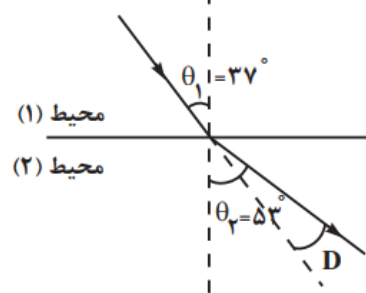
$$v_1 = v_2 - \frac{25}{100} v_2 \Rightarrow v_1 = \frac{75}{100} v_2 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{100}{75} = \frac{4}{3}$$

از طرف دیگر با توجه به شکل زیر، زاویه تابش برابر  $\theta_1 = 37^\circ$  می‌باشد، بنابراین با استفاده از قانون شکست عمومی، ابتدا زاویه شکست را محاسبه می‌کنیم:

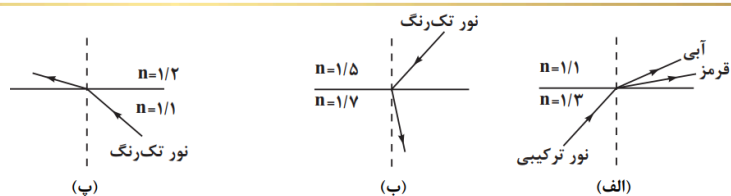
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\sin \theta_2} = \frac{4}{3} \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{3}{4} \sin 37^\circ = \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{16}$$

$$\begin{aligned} \sin 37^\circ &= 0.6 \\ \frac{\sin \theta_2}{0.6} &= \frac{4}{3} \Rightarrow \sin \theta_2 = 0.8 \\ \sin 53^\circ &= \cos 37^\circ = 0.8 \\ \theta_2 &= 53^\circ \end{aligned}$$

اکنون زاویه انحراف را می‌یابیم:



$$\text{زاویه انحراف} = D = \theta_2 - \theta_1 = 53^\circ - 37^\circ \Rightarrow D = 16^\circ$$



گزینه درست: ۴

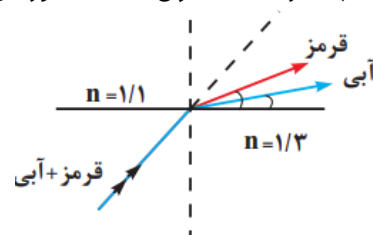
سوال ۱۱۸

گزینه «۴»

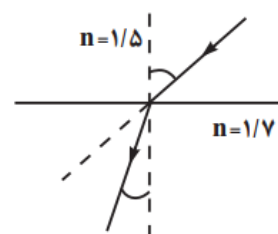
برای پاسخ به این سوال لازم است بدانیم:

۱) وقتی نور از محیط با ضریب شکست کمتر (محیط رقیق) وارد محیط با ضریب شکست بیشتر (محیط غلیظ) می‌شود، پرتو شکست به خط عمود، نزدیک می‌شود.

۲) وقتی پرتوهای نور مختلف با زاویه تابش یکسان وارد محیط دیگری شوند، انحراف پرتو نور با طول موج کمتر، بیشتر است. (الف) نادرست - میزان شکست نور آبی بیشتر از نور قرمز است.

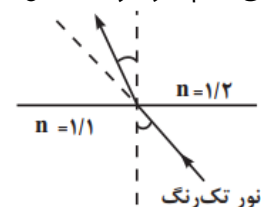


(ب) نادرست - پرتوهای تابش و شکست باید دو طرف خط عمود قرار گیرند.

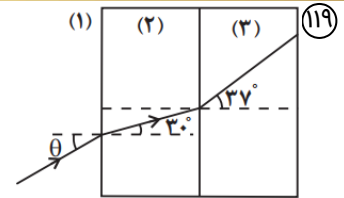


(پ) نادرست - چون پرتو نور از محیط با ضریب شکست کمتر (محیط رقیق) وارد محیط با ضریب شکست بیشتر (محیط غلیظ) شده است، باید پرتو شکست به خط عمود نزدیک شود.

می‌بینیم، در هر سه شکل، مسیر عبور پرتوها نادرست رسم شده است.







گزینه درست: ۴

سوال ۱۱۹

گزینه «۴»

ابتدا با توجه به رابطه قانون شکست اسنل در دو محیط (۲) و (۳) داریم:

$$n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3 \xrightarrow{\theta_2 = 30^\circ, \theta_3 = 37^\circ} n_2 \sin 30^\circ = n_3 \sin 37^\circ \xrightarrow{\sin 37^\circ = 0.6, \sin 30^\circ = 0.5} n_2 \times 0.5 = n_3 \times 0.6 \Rightarrow \frac{n_2}{n_3} = \frac{6}{5} \quad (1)$$

از طرف دیگر،  $n = \frac{c}{v}$  است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$v = \frac{c}{n} \xrightarrow{\text{ثابت } c} \frac{v_2}{v_3} = \frac{n_3}{n_2} \xrightarrow{(1)} \frac{v_2}{v_3} = \frac{5}{6} \quad (2)$$

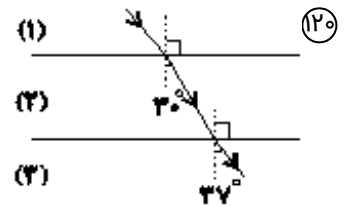
با توجه به این‌که تندی نور در محیط دوم، ۲۵ درصد کمتر از تندی نور در محیط اول است، می‌توان نوشت:

$$v_2 = v_1 - 0.25v_1 = 0.75v_1 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 0.75 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{4} \quad (3)$$

اکنون، اگر رابطه‌های (۲) و (۳) را در هم ضرب کنیم، داریم:

$$\frac{v_2}{v_3} \times \frac{v_2}{v_1} = \frac{5}{6} \times \frac{3}{4} \Rightarrow \frac{v_2}{v_3} = \frac{9}{10} = 0.9 \Rightarrow v_3 = 0.9v_1$$

می‌بینیم، تندی نور در محیط سوم، ۹۰ درصد تندی نور در محیط اول است. یعنی تندی نور در محیط سوم، ۱۰ درصد کمتر از تندی نور در محیط اول است.



گزینه درست: ۴

سوال ۱۲۰

گزینه «۴»

با توجه به صورت سؤال داریم:

$$\frac{v_1}{v_2} = 1/6 \xrightarrow{n = \frac{c}{v}} \frac{n_2}{n_1} = 1/6 \quad (1)$$

از طرفی در عبور پرتو نور از محیط (۲) به محیط (۳) با توجه به رابطه اسنل می‌توان نوشت:

$$n_2 \sin 30^\circ = n_3 \sin 37^\circ \Rightarrow \frac{n_3}{n_2} = \frac{0.5}{0.6} = \frac{5}{6} \quad (2)$$

از دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{n_2}{n_1} \times \frac{n_3}{n_2} = 1/6 \times \frac{5}{6} = \frac{5}{36} \Rightarrow \frac{n_3}{n_1} = \frac{5}{36}$$