



زمان آزمون :

نام و نام خانوادگی :

نام درس :

پایه تحصیلی :

نام آموزشگاه :

نام دبیر :

تاریخ برگزاری ۱۴۰۴/۰۵/۰۲

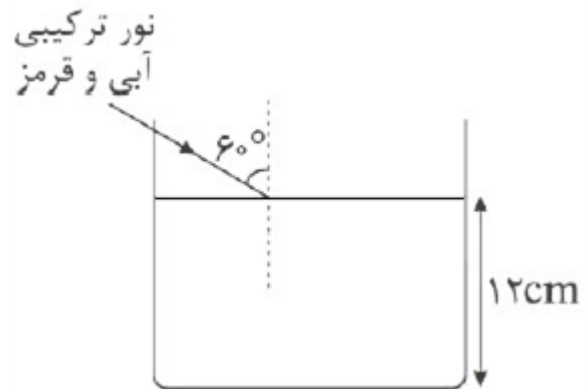
عنوان آزمون : بانک تست فیزیک دوازدهم

ریاضی (فصل ۴ برهم کنش های موج)

۱ در شکل زیر، باریکه نوری متشکل از دو پرتوی نور تک رنگ آبی و قرمز از هوا وارد مایع شفاف به عمق ۱۲ cm می شود. اگر ضریب شکست مایع برای رنگ های آبی و قرمز به ترتیب برابر $\frac{17}{12}$ و $\frac{17}{16}$ باشد، فاصله محل برخورد

پرتوهای آبی و قرمز در کف ظرف حاوی مایع چند سانتی متر است؟

$$(\sin 53^\circ = 4/5, \sin 37^\circ = 3/5, \sqrt{3} \approx 1.7, \sqrt{2} \approx 1.4)$$



۴ ۶

۳ ۷

۲ ۱۶

۱ ۹

۲ سیمی به طول ۵/۰ متر و جرم ۲۰ گرم با نیروی F بین دو نقطه بسته شده است. اگر بسامد هماهنگ دوم این سیم ۲۰۰ هرتز باشد، F چند نیوتون است؟

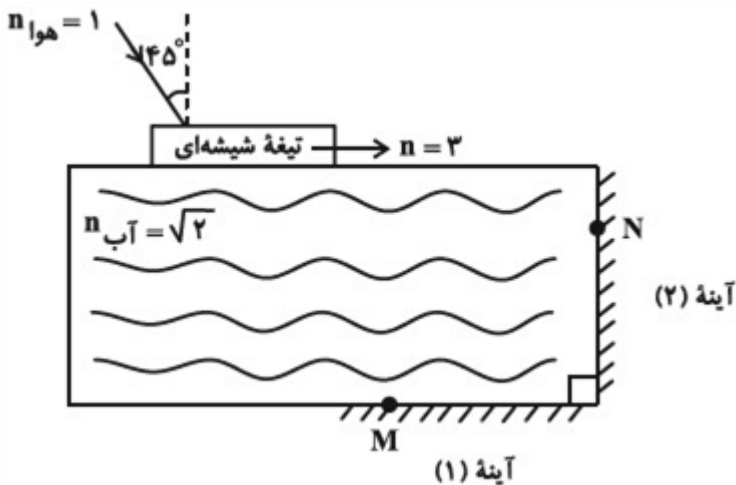
۴ ۸۰۰

۳ ۲۰۰

۲ ۴۰۰

۱ ۱۰۰

۳ در شکل مقابل، زاویه بین پرتوی خروجی از آب با پرتوی ورودی به آب چند درجه است؟ (پرتو پس از ورود به آب در نقطه M به آینه ۱ برخورد می کند و پس از آن در نقطه N به آینه ۲ می رسد).



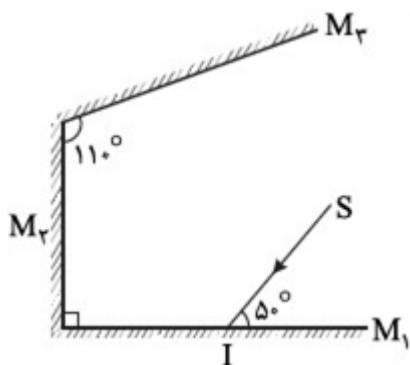
۴ ۰°

۳ ۱۸۰°

۲ ۹۰°

۱ ۶۰°

۴ در شکل مقابل پرتوی SI ابتدا به آینه‌ی تخت M_1 و سپس بازتابش آن به آینه M_2 و در نهایت به آینه‌ی M_3 برخورد می‌کند. پرتو نهایی نسبت به پرتو اولیه چند درجه منحرف می‌شود؟



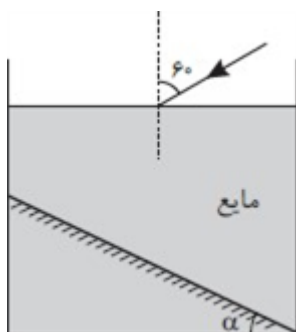
۸۰ (۴)

۴۰ (۳)

۱۲۰ (۲)

۶۰ (۱)

۵ در یک ظرف محتوی مایعی با ضریب شکست $n = \sqrt{3}$ آینه‌ی تختی وجود دارد که با کف ظرف زاویه‌ی α ساخته است. پرتو نوری تحت زاویه‌ی تابش 60° از هوا به سطح مایع می‌تابد. α چند درجه باشد تا پرتو پس از ورود به مایع روی خودش بازتاب شود؟



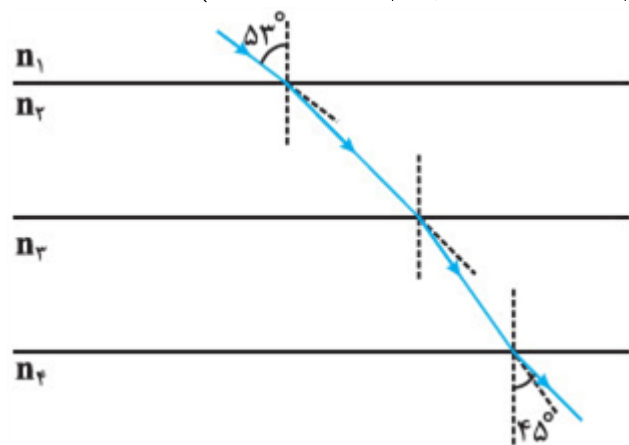
۶۰ (۴)

۴۵ (۳)

۳۰ (۲)

۱۵ (۱)

۶ مطابق شکل روبه‌رو، پرتو نوری از محیط شفاف ۱ وارد محیط‌های شفاف دیگر می‌شود. اگر تندی نور در محیط ۲، ۲۵ درصد کمتر از تندی نور در محیط ۱ باشد و تندی نور در محیط ۴، ۴۰ درصد بیشتر از تندی نور در محیط ۳ باشد، ضریب شکست محیط ۲ چند برابر ضریب شکست محیط ۳ است؟ ($\sin 53^\circ = 4/5$, $\sin 45^\circ = 1/\sqrt{2}$)



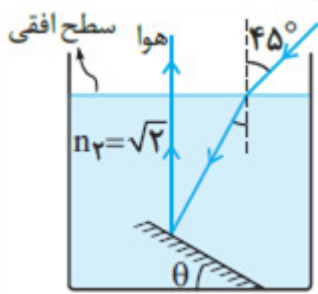
$\frac{5}{6}$ (۴)

$\frac{3}{4}$ (۳)

$\frac{6}{5}$ (۲)

$\frac{4}{3}$ (۱)

۷ در شکل مقابل، با توجه به مسیر پرتو نور و بازتاب آن از روی آینه تخت، زاویه $(\hat{\theta})$ چند درجه است؟



۴۵ (۴)

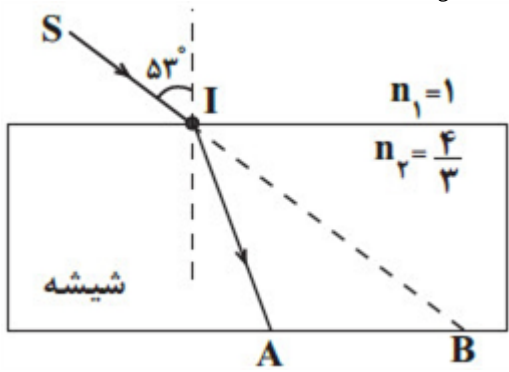
۳۰ (۳)

۲۲/۵ (۲)

۱۵ (۱)

۸ در شکل مقابل، پرتو SI با زاویه تابش 53° درجه به سطح یک تیغه شیشه‌ای به ضریب شکست $\frac{4}{3}$ می‌تابد و در نقطه A از تیغه خارج می‌شود. اگر فاصله A تا B برابر ۷ cm باشد، پرتو نور در مدت چند نانوثانیه، فاصله نقطه A تا نقطه B را طی می‌کند؟

$$\left(\sin 53^\circ = 0.8, C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \right)$$



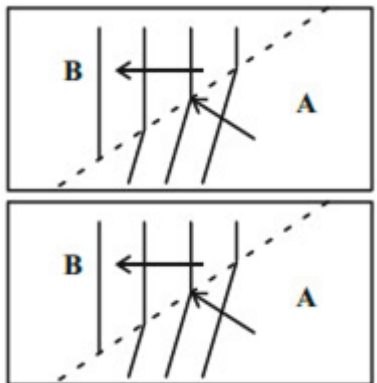
$\frac{3}{5}$ (۴)

$\frac{8}{9}$ (۳)

$\frac{1}{2}$ (۲)

$\frac{2}{3}$ (۱)

۹ در شکل مقابل، وضعیت جبهه‌های موج سطحی و متوالی را که بر سطح آب یک دریاچه ساکن در نزدیکی ساحل در حال پیشروی هستند، نشان می‌دهد. کدامیک از گزینه‌های زیر درست است؟



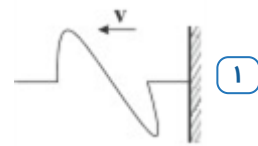
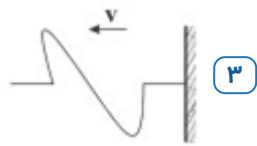
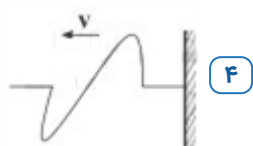
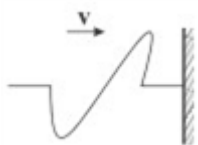
۱ عمق قسمت B کمتر و تندی انتشار در این قسمت بیشتر است.

۲ عمق قسمت B بیشتر و تندی انتشار در این قسمت کمتر است.

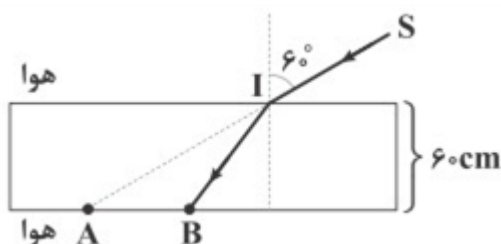
۳ عمق قسمت A کمتر و تندی انتشار در این قسمت کمتر است.

۴ عمق قسمت A بیشتر و تندی انتشار در این قسمت بیشتر است.

۱۰) مطابق شکل زیر، موجی در یک طناب که انتهایش به دیوار بسته شده، تولید شده است. کدام گزینه موج برگشتی از دیوار را نشان می‌دهد؟



۱۱) با توجه به شکل زیر، پرتو SI با زاویه تابش 60° از هوا به یک تیغه شفاف به ضخامت 60 cm می‌تابد. فاصله AB چند سانتی‌متر است؟ $(\sin 37^\circ = 3/5, \cos 37^\circ = 4/5, n_{\text{هوا}} = 1, n_{\text{تیغه}} = \frac{5\sqrt{3}}{6})$



۳۰ $\sqrt{3}$ - ۱۵ (۴)

۶۰ $\sqrt{3}$ - ۴۵ (۳)

۳۰ $\sqrt{3}$ - ۴۵ (۲)

۶۰ $\sqrt{3}$ - ۱۵ (۱)

۱۲) در گوشه‌ی یک لیوان فلزی، سکه‌ای را قرار می‌دهیم و طوری مقابل لیوان قرار می‌گیریم که نتوان سکه را دید. اگر لیوان را تا ارتفاع h از آب خالص پر کنیم، سکه دیده می‌شود و اگر لیوان را تا ارتفاع H از محلول آب قند ۷۵ درصد پر کنیم، دوباره سکه در همان وضعیت مشاهده می‌شود. کدام یک از گزینه‌های زیر در خصوص h و H صحیح است؟

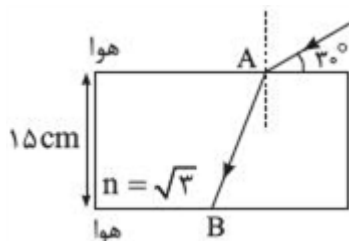
$H < h'$ (۱)

$H > h$ (۲)

$H = h$ (۳)

۴) با توجه به ارتفاع کل لیوان، هر یک از گزینه‌های ۱ تا ۳ می‌توانند صحیح باشند.

۱۳) مطابق شکل، پرتو نوری از هوا به محیط شفاف تابیده شده و شکست پیدا می‌کند. این پرتو فاصله A تا B را در چند نانوثانیه طی می‌کند؟ $(C = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$



۲ $\sqrt{3}$ (۴)

$\sqrt{3}$ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۱۴) در یک تار مرتعش با دو انتهای بسته، یکی از بسامدهای تشدید 192 Hz و بسامد تشدید بعدی 288 Hz است. سومین بسامد تشدید پس از 480 Hz ، چند هرتز است؟

۷۶۸ (۴)

۷۲۴ (۳)

۶۷۲ (۲)

۵۷۶ (۱)

۱۵) خفاشی در حین پرواز با سرعت ثابت $10 \frac{m}{s}$ به دیواری نزدیک می‌شود و امواج فراصوتی را از خود گسیل می‌کند. اگر خفاش پژواک این موج فراصوت را پس از $0.4s$ از تولید موج دریافت کند، فاصله‌ی دیوار تا خفاش در لحظه‌ی دریافت پژواک چند متر است؟ (بسامد صدای خفاش $100 kHz$ و طول موج آن $3.5 mm$ است)

۱۳۸ (۴)

۱۳۴ (۳)

۶۹ (۲)

۶۵ (۱)

۱۶) در یک لوله‌ی صوتی یک انتها بسته، اختلاف طول موج‌های سومین و چهارمین تشدید، چند برابر طول موج اولین تشدید است؟

۳ (۴)

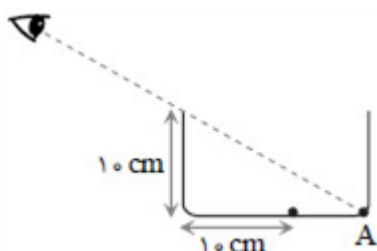
۲ (۳)

$\frac{5}{7}$ (۲)

$\frac{2}{35}$ (۱)

۱۷) داخل یک ظرف خالی را با زاویه 30° طوری نگاه می‌کنیم که از کف آن تنها نقطه‌ی A دیده می‌شود. مهره کوچکی کف ظرف گذاشته اند، حداقل تا چه ارتفاعی آب درون ظرف بریزیم تا بدون عوض کردن زاویه دید مهره دیده می‌شود؟

(ضریب شکست مایع $\sqrt{\frac{3}{2}}$ و $\sqrt{3} \simeq 1.7$)



۸ cm (۲)

۵ cm (۱)

(۴) به ازای هیچ مقداری از مایع ما مهره را نخواهیم دید.

(۳) ظرف باید از مایع پر شود.

۱۸) کدام گزینه درباره‌ی تداخل و پراش امواج ندریست است؟

(۱) هرچه طول موج به‌کار رفته نسبت به پهنای شکافی که نور به آن تابیده می‌شود، بیشتر باشد پدیده پراش بارزتر خواهد بود.

(۲) در آزمایش یانگ، تشکیل فریزهای روشن روی پرده تداخل سازنده را نشان می‌دهد.

(۳) وقتی موج بازتابیده و موج تابیده در ریسمان کشیده شده بر هم نهی کنند، موج ایستاده ایجاد می‌شود.

(۴) در موج ایستاده دامنه‌ی شکم‌ها، برابر با دامنه‌ی موج تابیده شده است.

۱۹) درباره‌ی بازتاب امواج کدام مورد ندریست است؟

(۱) برای تشخیص یک جسم، اندازه‌ی آن باید در حدود طول موج به‌کار رفته یا بزرگتر از آن باشد.

(۲) اگر تأخیر زمانی بین صوت اولیه و پژواک آن صوت کمتر از 0.1 ثانیه باشد، گوش نمی‌تواند پژواک را تشخیص دهد.

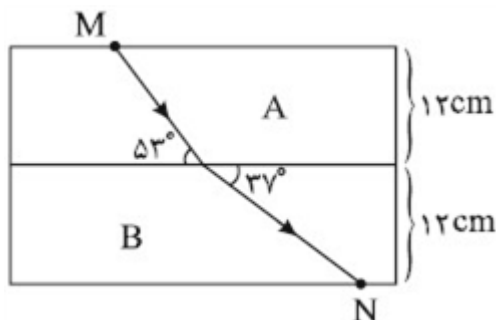
(۳) وقتی ناهمواری‌های سطحی از طول موج نور تابیده شده بزرگتر باشد، بازتاب پخشنده یا نامنظم رخ می‌دهد.

(۴) وقتی تپ عرضی به انتهای ثابت در ریسمان می‌رسد، به همان صورت باز می‌تابد.

۲۰ در شکل زیر پرتو نور تک‌رنگی از محیط A وارد محیط B می‌شود. اگر ضریب شکست محیط A، $\frac{3}{4}$ باشد، مدت زمانی

که طول می‌کشد پرتو نور از نقطه‌ی M به نقطه‌ی N برسد چند ثانیه است؟

($\sin 37^\circ = 0.6$ و $\text{سرعت نور در خلأ} = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)



۲ $\frac{3}{4} \times 10^{-9}$

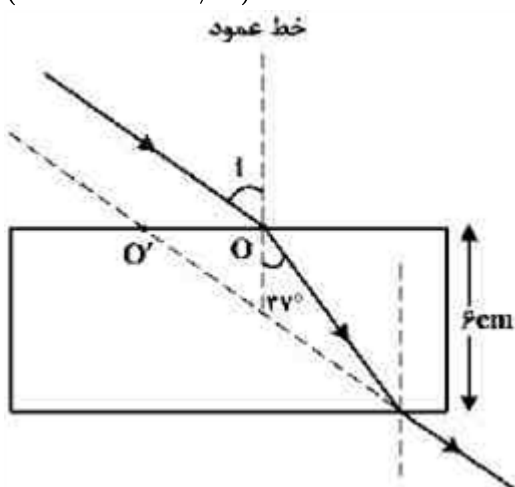
۱ $\frac{2}{3} \times 10^{-9}$

۴ $\frac{4}{3} \times 10^{-9}$

۳ $\frac{4}{3} \times 10^{-8}$

۲۱ پرتو نوری، مطابق شکل زیر از هوا به یک تیغه‌ی متوازی‌السطوح می‌تابد و پس از شکست در محیط شفاف، دوباره وارد هوا می‌شود. اگر امتداد پرتو خروجی در O' به تیغه برخورد کند و $OO' = 3/5 \text{ cm}$ باشد، ضریب شکست محیط شفاف چه قدر است؟

($\sin 37^\circ = 0.6$)



۴ $\frac{5}{3}$

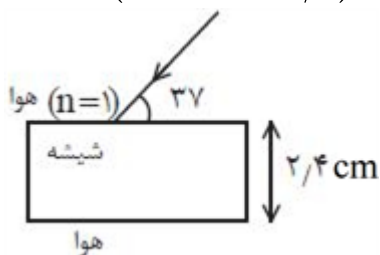
۳ $\frac{2}{3}$

۲ $\frac{4}{3}$

۱ $\frac{5}{4}$

۲۲ در شکل زیر پرتوی نور تک‌رنگی از هوا وارد تیغه شیشه‌ای متوازی‌السطوحی به ضخامت $2/4 \text{ cm}$ و ضریب شکست $\frac{4}{3}$

می‌تابد. مسافتی که این پرتو در داخل این تیغه طی می‌کند برابر چند سانتی‌متر است؟ ($\sin 37^\circ = 0/6$)



۳ (۴)

۳/۲ (۳)

۳/۶ (۲)

۴ (۱)

۲۳ هنگام تشکیل امواج دایره‌ای بر سطح آب تحت موج، بسامد گوی متحرک برابر ۲۰ هرتز است و در قسمت کم‌عمق فاصله بین یک برآمدگی و فرورفتگی متوالی برابر 10 cm است. اگر هنگام حرکت موج به قسمت عمیق، تندی حرکت امواج، $6 \frac{m}{s}$ تغییر کند، در این قسمت موج، فاصله بین دو نقطه که برابر ۲ متر است را در مدت چند ثانیه می‌پیماید؟

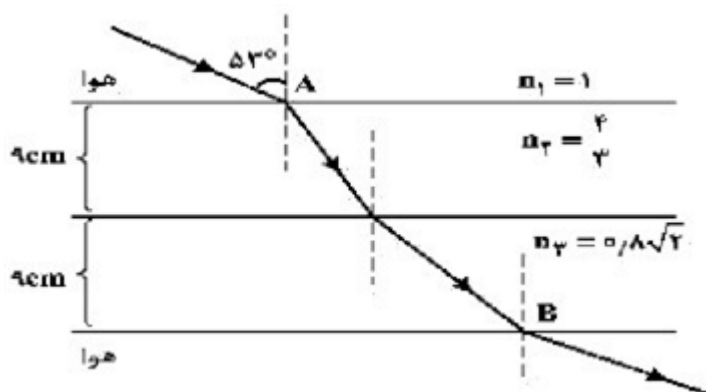
۰/۵ (۴)

۵ (۳)

۰/۲ (۲)

۱ (۱)

۲۴ پرتو نوری مطابق شکل زیر، از هوا وارد محیط‌های شفاف می‌شود و شکست می‌یابد. این پرتو فاصله‌ی A تا B را در چند نانوثانیه طی می‌کند؟ ($\sin 37^\circ = 0/6$ ، تندی نور در هوا، $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)



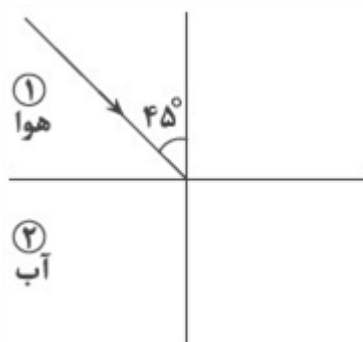
۹/۶ (۴)

۹۸ (۳)

۹۶ (۲)

۰/۶ (۱)

۲۵ مطابق شکل موجی صوتی در عبور از محیط ۱ به ۲، ۱۵ درجه انحراف می‌یابد. اگر تندی موج در محیط ۱، $300 \frac{m}{s}$ باشد، تندی موج در محیط ۲ چند متر بر ثانیه است؟



۶۰۰ (۴)

$300\sqrt{6}$ (۳)

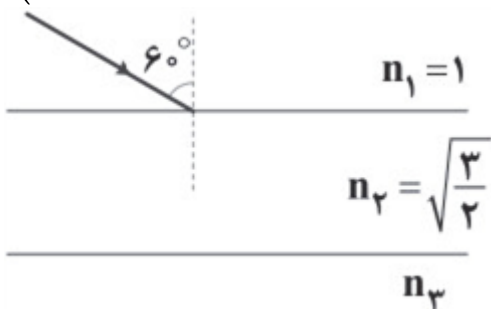
$150\sqrt{6}$ (۲)

$150\sqrt{2}$ (۱)

۲۶

مطابق شکل زیر، یک موج الکترومغناطیسی بعد از عبور از محیط های شفاف ۱ و ۲ وارد محیط شفاف ۳ می شود. اگر طول موج این پرتو در محیط ۳، $\frac{\sqrt{3}}{3}$ برابر طول موج این پرتو در محیط ۱ باشد، این پرتو هنگام عبور از محیط ۲ به محیط ۳ چند درجه منحرف می شود؟

$$\left(\sin 37^\circ = 0.6, \sin 30^\circ = \frac{1}{2}, \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \right)$$



۴۵ (۴)

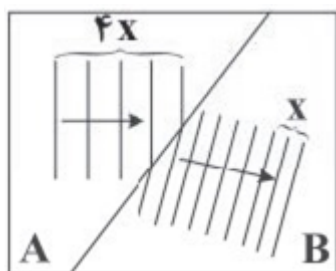
۳۰ (۳)

۱۵ (۲)

۱۶ (۱)

۲۷

در یک تشت موج، امواج تخت با بسامد 20 Hz ایجاد شده است و مطابق شکل مقابل جبهه های موج از قسمت A وارد قسمت B می شوند. اگر اختلاف طول موج در قسمت های A و B برابر 4 cm باشد، تندی انتشار امواج در قسمت A چند متر بر ثانیه است؟



۰/۶ (۲)

۰/۸ (۱)

۱/۶ (۴)

۱/۲ (۳)

۲۸

امواج حاصل از یک چشمه ی موج در هوا با تندی $300 \frac{m}{s}$ حرکت می کنند و وارد آب شده و با تندی $1200 \frac{m}{s}$ به حرکت خود در آب ادامه می دهند. اگر فاصله ی دو قله ی متوالی این موج در هوا $120 \frac{m}{s}$ باشد، فاصله ی یک ستیغ از پاستیغ مجاور این موج در آب چند سانتی متر است؟

۲۴۰ (۴)

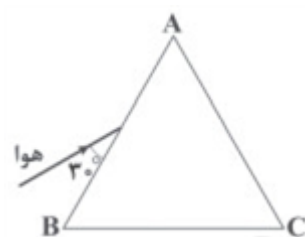
۴۸۰ (۳)

۶۰ (۲)

۱۲۰ (۱)

۲۹

مطابق شکل زیر، یک پرتوی نور تک رنگ بر وجه یک منشور متساوی الاضلاع به ضریب شکست $\sqrt{3}$ می تابانیم. زاویه ی بین پرتوی ورودی اولیه و پرتوی خروجی نهایی چند درجه است؟ ($n_{\text{hوا}} = 1$)



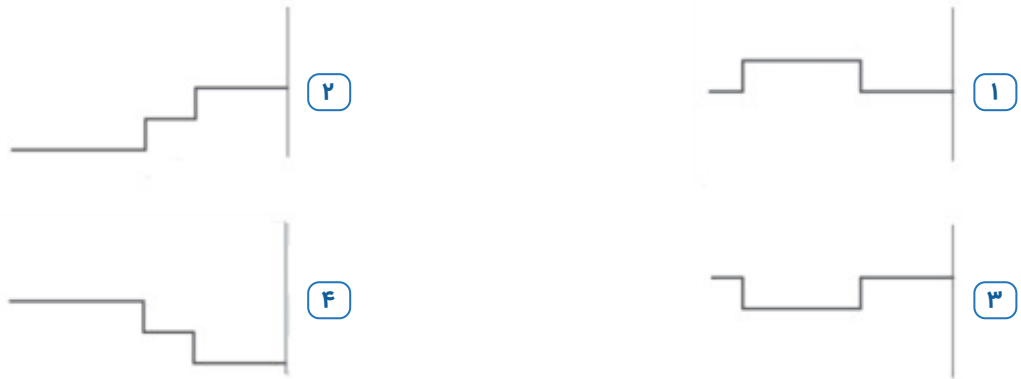
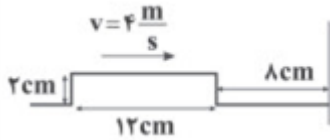
۱۵۰ (۴)

۱۲۰ (۳)

۶۰ (۲)

۳۰ (۱)

- ۳۰) مطابق شکل مقابل، یک موج در یک طناب با سرعت $4 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ حرکت می‌کند و به انتهای بسته‌ی طناب برخورد می‌کند. شکل طناب ۳s پس از این لحظه، مطابق با کدام گزینه است؟



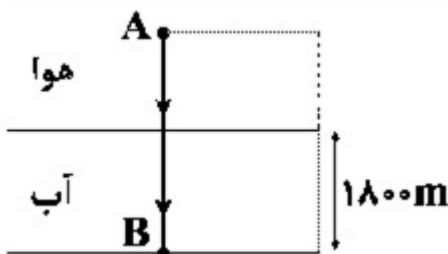
- ۳۱) یک پرتو تک‌رنگ از هوا با زاویه‌ی تابش 60° درجه بر سطح یک مایع می‌تابد. اگر زاویه‌ی انحراف و زاویه‌ی شکست پرتو در سطح مایع با هم برابر باشند، سرعت پرتو در مایع چند متر بر ثانیه است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$

- ۱) $\frac{\sqrt{3}}{3} \times 10^8$ ۲) $\sqrt{3} \times 10^8$ ۳) 10^8 ۴) 3×10^8

- ۳۲) دو ریسمان هم‌جنس با جرم یکسان را که قطر یکی دو برابر دیگری است، با نیروی کشش یکسانی از یک سر به یک نوسان‌ساز و از سر دیگر به یکدیگر می‌بندیم، به‌طوری که هر دو می‌توانند جداگانه نوسان کنند. بسامد نوسان‌ساز را از صفر افزایش می‌دهیم تا زمانی که دو ریسمان برای بار دوم بسامد نوسان‌ساز را تشدید کنند. در این حالت در هر یک از دو ریسمان چند گره دیده خواهد شد؟ (فرض کنید در محل اتصال ریسمان‌ها به نوسان‌ساز و یکدیگر، همواره گره تشکیل می‌شود.)

- ۱) ۳، ۵ ۲) ۲، ۴ ۳) ۴، ۵ ۴) ۳، ۴

- ۳۳) طول موج یک نور تک‌رنگ در هوا $\frac{4}{3}$ طول موج آن در آب است. با توجه به شکل زیر، پرتوی نور موردنظر از نقطه‌ی A در هوا در راستای عمود بر سطح آب منتشر می‌شود و پس از مدت زمان $1 \mu\text{s}$ به نقطه‌ی B در آب می‌رسد. فاصله‌ی نقطه‌ی A تا سطح آب چند متر است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}})$



- ۱) ۱۹۵۰ ۲) ۳۰۰۰ ۳) ۴۰۵۰ ۴) ۵۴۰۰

۳۴ با اجزای آزمایش یانگ در هوا، پهنای هر نوار روشن $\frac{1}{2} \text{ mm}$ است. اگر این آزمایش در مایعی انجام شود که تندی نور در آن $\frac{2}{5} \times 10^8 \frac{m}{s}$ است و سایر شرایط آزمایش ثابت بماند، پهنای هر نوار تاریک چند میلی‌متر خواهد بود؟

$$\left(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{km}}{\text{s}} \right)$$

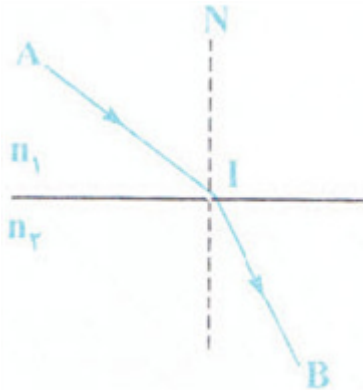
۱/۹ (۴)

۱/۷ (۳)

۱/۵ (۲)

۱ (۱)

۳۵ در شکل روبه‌رو، پرتو نوری از نقطه‌ای A در محیطی به ضریب شکست n_1 به نقطه‌ی B در محیط دوم که ضریب شکست آن n_2 است، می‌رسد. اگر $AI = IB = L$ بوده و تندی انتشار نور در محیط اول برابر V_1 باشد، زمان رسیدن نور از A تا B کدام است؟



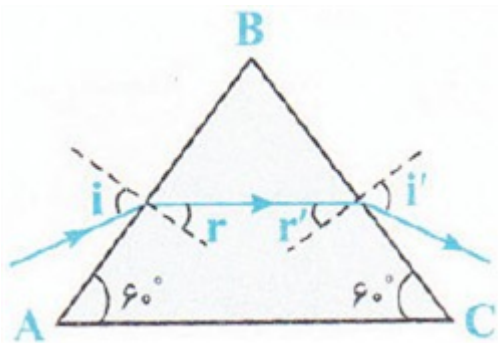
$$\frac{L}{V_1} \left(1 + \frac{n_1}{n_2} \right) \quad (۲)$$

$$\frac{L}{V_1} \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right) \quad (۱)$$

$$\frac{2L}{V_1} \left(1 + \frac{n_1}{n_2} \right) \quad (۴)$$

$$\frac{2L}{V_1} \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right) \quad (۳)$$

۳۶ مطابق شکل، پرتو نور تک‌رنگی از هوا وارد منشور شیشه‌ای شده و پس از شکست از منشور عبور می‌کند. اگر زاویه‌ی تابش (i) افزایش یابد:



(۲) زاویه‌ی r' افزایش می‌یابد.

(۱) زاویه‌ی i' کاهش می‌یابد.

(۴) الزاماً زاویه‌ی انحراف کاهش می‌یابد.

(۳) زاویه‌ی r' کاهش می‌یابد.

۳۷ اگر زمانی که نور مسافت ۱۲۰ سانتی‌متر را در آب با ضریب شکست $\frac{4}{3}$ طی می‌کند با زمانی که مسافت d را در هوا طی می‌کند برابر باشد، d چند سانتی‌متر است؟

۹۰ (۴)

۱۲۰ (۳)

۱۶۰ (۲)

۱۸۰ (۱)

۳۸ طبق قانون بازتاب عمومی، زاویه‌های تابش و بازتابش با هم برابرند. این قانون برای کدامیک از امواج زیر برقرار است؟

(۴) هر سه مورد

(۲) امواج الکترومغناطیسی (۳) امواج صوتی

(۱) نور مرئی

۳۹ شکست موج نوعی برهم‌کنش بین موج با است که علت آن است.

۱ موج، تغییر تندی انتشار موج در عبور از یک محیط به محیط دیگر

۲ موج، تغییر بسامد موج در عبور از یک محیط به محیط دیگر

۳ ماده، تغییر تندی انتشار موج در عبور از یک محیط به محیط دیگر

۴ ماده، تغییر بسامد موج در عبور از یک محیط به محیط دیگر

۴۰ هنگامی که یک مجسمه‌ی توپر آلومینیومی را از یک طناب آویزان می‌کنیم، فرکانس اصلی موج ایستاده درون طناب 250 Hz است. مجسمه را به طور کامل در آب فرو می‌بریم. در این حالت فرکانس اصلی موج ایستاده درون طناب چند

هرتز خواهد شد؟ $\left(\rho_{\text{آلومینیم}} = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_{\text{آب}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$

۴ $250\sqrt{0.6}$

۳ $125\sqrt{5}$

۲ صفر

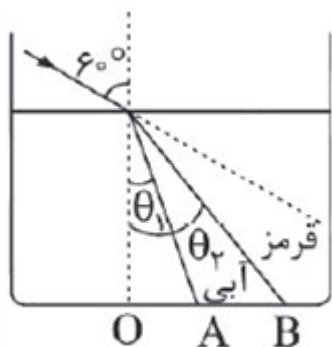
۱ ۱۲۵

۱

گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

با استفاده از رابطه دکارت:

$$\overline{AB} = ?$$



$$1 \times \sin 60^\circ = \frac{1.5}{1.33} \sin \theta_1 \quad (I)$$

$$1 \times \sin 60^\circ = \frac{1.5}{1.6} \sin \theta_2 \quad (II)$$

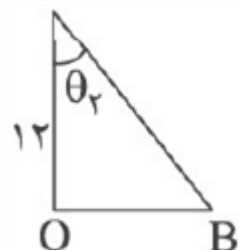
$$\left\{ \begin{array}{l} (I) : 1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1.5}{1.33} \sin \theta_1 \Rightarrow \frac{1.5}{1.33} = \frac{1.5}{1.33} \sin \theta_1 \Rightarrow \sin \theta_1 = \frac{1.33}{1.5} = 0.886 \\ (II) : 1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1.5}{1.6} \sin \theta_2 \Rightarrow \frac{1.5}{1.6} = \frac{1.5}{1.6} \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1.6}{1.5} = 1.067 \end{array} \right.$$



$$\sin \theta_1 = 0.886 \Rightarrow \tan \theta_1 = \frac{4}{3}$$

$$\sin \theta_2 = 1.067 \Rightarrow \tan \theta_2 = \frac{4}{3}$$

$$\tan \theta_1 = \frac{OA}{12} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{OA}{12} \Rightarrow OA = 16 \text{ cm}$$



$$\tan \theta_2 = \frac{OB}{12} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{OB}{12} \Rightarrow OB = 16 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \overline{AB} = \overline{OB} - \overline{OA} = 16 - 12 = 4 \text{ cm}$$

۲

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

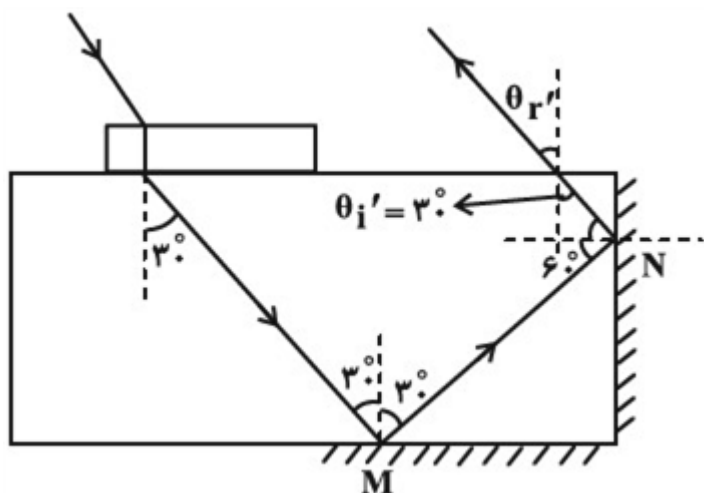
$$\left\{ \begin{array}{l} f_n = \frac{nv}{\lambda} \Rightarrow f_v = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow 200 = \frac{v \times v}{\lambda \times \lambda} \Rightarrow v = 100 \frac{m}{s} \\ v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \Rightarrow (100)^2 = \frac{F \times \lambda \times \lambda}{20 \times 10^{-3}} \Rightarrow F = \frac{10^4 \times 20 \times 10^{-3}}{100} \Rightarrow F = 200 \text{ N} \end{array} \right.$$

۳

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. پرتو از هوا وارد محیط شیشه‌ای و از محیط شیشه‌ای وارد مایع می‌شود. پس می‌توان رابطه اسنل را مستقیماً بین هوا و مایع نوشت و داریم:

$$n_1 \sin 45^\circ = n_{\text{مایع}} \sin \theta_r \Rightarrow 1 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \sin \theta_r \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$

پس از آن با رسم ادامه مسیر پرتو خواهیم داشت:



پرتو پس از برخورد به آینه ۲ با زاویه تابش 30° به سطح آب می‌تابد. با نوشتن رابطه اسنل برای خروج پرتو از آب،

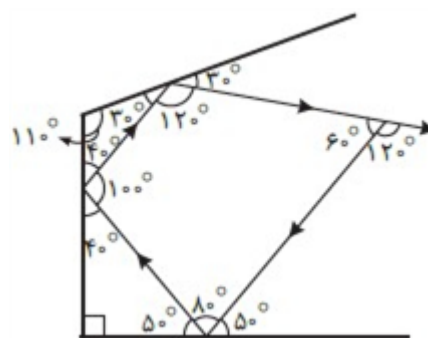
$$n_{\text{مایع}} \sin \theta_{i'} = n_{\text{هوا}} \sin \theta_{r'} \Rightarrow \sqrt{2} \times \frac{1}{2} = 1 \times \sin \theta_{r'} \Rightarrow \theta_{r'} = 45^\circ$$

داریم:

و مشاهده می‌شود که پرتو با همان زاویه ورودی خارج می‌شود پس با پرتوی ورودی به آب زاویه 180° می‌سازد.

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با در نظر گرفتن زوایا می‌توان زاویه‌ی پرتو اولیه و پرتو نهایی را به دست آورد.

۴

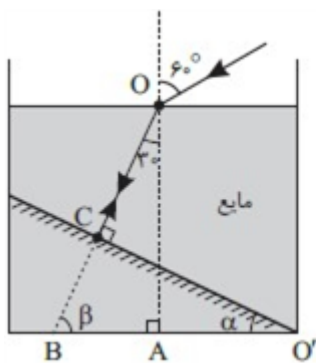


۵

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 60^\circ}{\sin r} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sin r = \frac{1}{2} \Rightarrow r = 30^\circ$$

شرط بازتاب نور روی خودش آن است که پرتو عمود بر سطح آینه بتابد.



$$\triangle O'BC : \alpha + \beta = 90^\circ$$

$$\triangle O'AB : \beta + 30^\circ = 90^\circ \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

۶

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. طبق قانون شکست عمومی، داریم:

$$\frac{v_4}{v_1} = \frac{\sin \theta_4}{\sin \theta_1} \xrightarrow{\theta_4=45^\circ, \theta_1=53^\circ} \frac{v_4}{v_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 53^\circ} \xrightarrow{\sin 45^\circ=0.7, \sin 53^\circ=0.8} \frac{v_4}{v_1} = \frac{0.7}{0.8} = \frac{7}{8} \quad (1)$$

از سوی دیگر، طبق توضیحات صورت سؤال، داریم:

$$v_2 = v_1 - \frac{25}{100}v_1 = \frac{75}{100}v_1 = \frac{3}{4}v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{4}{3}v_2 \quad (2)$$

$$v_4 = v_3 + \frac{40}{100}v_3 = \frac{140}{100}v_3 = \frac{7}{5}v_3 \Rightarrow v_4 = \frac{7}{5}v_3 \quad (3)$$

$$\frac{v_4}{v_1} = \frac{7}{8} \xrightarrow{\frac{4}{3}v_2} \frac{\frac{7}{5}v_3}{\frac{4}{3}v_2} = \frac{7}{8} \Rightarrow \frac{v_3}{v_2} = \frac{7}{8} \times \frac{4}{3} \times \frac{5}{7} = \frac{5}{6} \quad (4)$$

با ترکیب روابط ۱، ۲ و ۳ داریم:

لذا با استفاده از رابطه مقایسه‌ای ضریب شکست، می‌توان نوشت:

$$n = \frac{c}{v} \xrightarrow{\text{رابطه مقایسه ای}} \frac{n_2}{n_3} = \frac{v_3}{v_2} \xrightarrow{(4)} \frac{n_2}{n_3} = \frac{5}{6}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا با توجه به شکل مقابل و به کمک قانون شکست اسنل، زاویه شکست ($\hat{r}$) پرتو نور

هنگام ورود به محیط شفاف را به دست می‌آوریم:

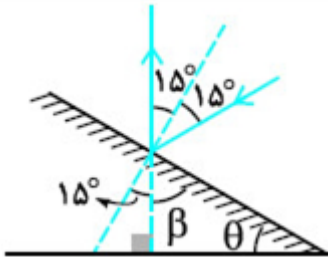
$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \xrightarrow{\hat{i}=45^\circ, n_1=n_{\text{هو}}=1, n_2=\sqrt{2}} 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \times \sin \hat{r} \xrightarrow{\sin 45^\circ=\frac{\sqrt{2}}{2}}$$

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

$$\hat{\alpha} = \hat{r} = 30^\circ$$

ضمناً با توجه به قضیه خطوط موازی و مورب، زاویه $\hat{\alpha}$ برابر با زاویه $\hat{r}$ است.

از سوی دیگر، طبق قانون بازتاب عمومی، زاویه‌های تابش و بازتابش از سطح آینه تخت با یکدیگر برابر بوده و داریم:

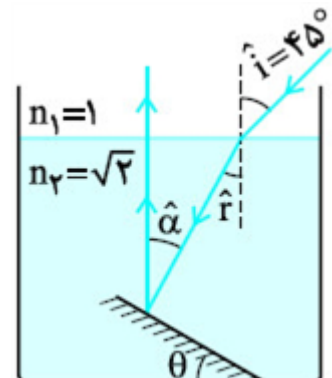


$$\text{زاویه تابش} = \text{زاویه بازتابش} = \frac{30^\circ}{2} = 15^\circ$$

$$\hat{\beta} = 90^\circ - 15^\circ = 75^\circ$$

و در نتیجه، با توجه به این‌که مجموع زوایای داخلی یک مثلث برابر با 180° است، داریم:

$$\hat{\beta} + 90^\circ + \hat{\theta} = 180^\circ \xrightarrow{\hat{\beta}=75^\circ} 75^\circ + 90^\circ + \hat{\theta} = 180^\circ \Rightarrow \hat{\theta} = 15^\circ$$



گزینه ۱ پاسخ صحیح است. برای محاسبه زمان طی مسافت IA باید طول IA معلوم باشد. به همین منظور ابتدا زاویه شکست در شیشه را می‌یابیم. طبق قانون شکست اسنل داریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = \frac{4}{3} \times \sin \theta_2$$

$$\frac{\sin 53^\circ = 0.8}{1.0} = \frac{4}{3} \times \sin \theta_2$$

$$\Rightarrow \sin \theta_2 = 0.6 \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ$$

اکنون با توجه به رابطه‌های مثلثاتی، ابتدا CA و CB را برحسب h و به دنبال آن، به صورت زیر IA را می‌یابیم:

$$\tan \theta_2 = \frac{CA}{IC} \xrightarrow{\theta_2 = 37^\circ} \tan 37^\circ = \frac{CA}{IC} \xrightarrow{\tan 37^\circ = \frac{3}{4}, IC=h} \frac{3}{4}$$

$$\frac{3}{4} = \frac{CA}{h} \Rightarrow CA = \frac{3}{4}h$$

$$CB = CA + AB \xrightarrow{AB=7 \text{ cm}} CB = \frac{3}{4}h + 7$$

در مثلث ICB داریم:

$$\tan 53^\circ = \frac{CB}{h} \xrightarrow{\tan 53^\circ = \frac{4}{3}} \frac{4}{3} = \frac{\frac{3}{4}h + 7}{h} \Rightarrow \frac{4}{3}h - \frac{3}{4}h = 7 \Rightarrow \frac{16h - 9h}{12} = 7$$

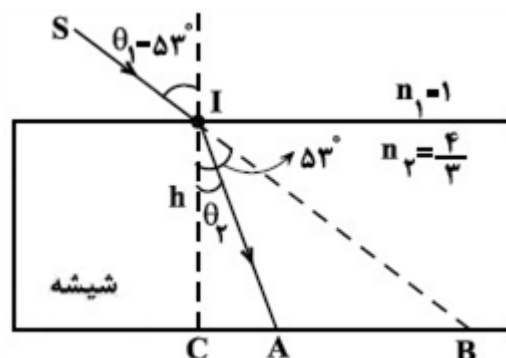
$$\frac{7h}{12} = 7 \Rightarrow h = 12 \text{ cm}$$

$$\cos 37^\circ = \frac{h}{IA} \xrightarrow{\cos 37^\circ = 0.8} \frac{0.8}{1.0} = \frac{12}{IA} \Rightarrow IA = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}$$

در نهایت با محاسبه تندی نور در شیشه، می‌توان با استفاده از رابطه $d = v \Delta t$ ، زمان طی کردن مسافت IA را به دست آورد:

$$v = \frac{c}{n} \xrightarrow{c=3 \times 10^8 \frac{m}{s}, n=\frac{4}{3}} v = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{4} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{0.15}{\frac{9}{4} \times 10^8} \Rightarrow \Delta t = \frac{4}{9} \times 10^{-9} \text{ s} \xrightarrow{10^{-9} \text{ s} = 1 \text{ ns}} \Delta t = \frac{4}{9} \text{ ns}$$

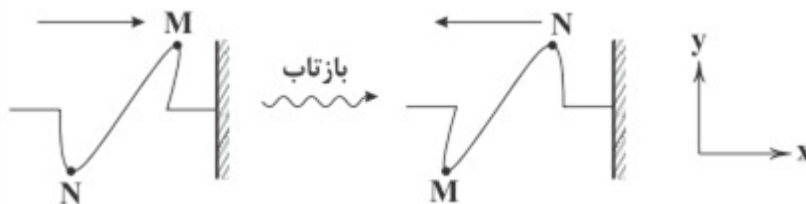


گزینه ۳ پاسخ صحیح است. می‌دانیم هر چه عمق آب کمتر باشد، تندی انتشار موج در آن قسمت کاهش و در نتیجه طول موج نیز کاهش می‌یابد. با توجه به شکل، طول موج قسمت A ، کمتر از طول موج قسمت B است. داریم:

$$\lambda_A < \lambda_B \Rightarrow v_A < v_B \Rightarrow \text{قسمت } A \text{ کم عمق است}$$

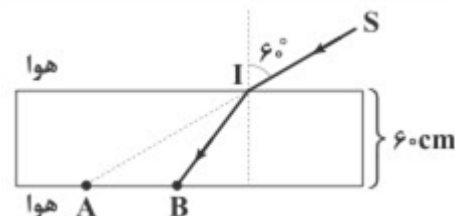
۱۰

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. اگر موجی به انتهای ثابت برخورد کند، برای به دست آوردن موج بازتابش کافی است شکل موج را هم نسبت به محور x و هم نسبت به محور y قرینه کنیم:



۱۱

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به قانون شکست اسنل داریم:



$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\theta_1 = 60^\circ}{n_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}} \rightarrow \frac{\sin 60^\circ}{\sin \theta_2} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{1}$$

$$\Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2} \xrightarrow{\sin 37^\circ = \frac{1}{2}} \theta_2 = 37^\circ$$

در مثلث $\triangle IBH$ می‌توان نوشت:

$$\tan 37^\circ = \frac{BH}{IH} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{BH}{6} \Rightarrow BH = 4.5 \text{ cm}$$

در مثلث $\triangle IAH$ داریم:

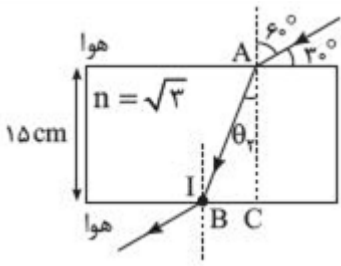
$$\tan 60^\circ = \frac{AH}{IH} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{AH}{6} \Rightarrow AH = 6\sqrt{3} \text{ cm}$$

فاصله AB برابر است با:

$$AB = AH - BH = (6\sqrt{3} - 4.5) \text{ cm}$$

۱۲

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. علت دیده شدن سکه از داخل لیوان، شکست نور در حین خروج از لیوان و ورود آن به محیط بعدی (هوا) است. هرچه شکست نور بیشتر باشد، در ارتفاع یکسانی از مایع، سکه بالاتر دیده شده و همچنین برای دیدن سکه در یک وضعیت مشخص، عمق کمتری از مایع لازم می‌باشد. چون ضریب شکست محلول آب قند (با هر درصد خلوص) از آب خالص بیشتر است، پس به ارتفاع کمتری از مایع برای رویت سکه نیاز است، بنابراین گزینه‌ی (۱) پاسخ صحیح می‌باشد.



$$\frac{\sin 60^\circ}{\sin \theta_r} = \frac{\sqrt{3}}{1} \Rightarrow \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\sin \theta_r} = \frac{\sqrt{3}}{1} \Rightarrow \sin \theta_r = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$

$$\triangle ABC \Rightarrow \cos \theta_r = \frac{15}{AB} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{15}{AB}$$

$$\Rightarrow AB = \frac{30}{\sqrt{3}} \text{ cm} = 10\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$\frac{V_{\text{محیط}}}{V_{\text{هوا}}} = \frac{n_{\text{هوا}}}{n_{\text{محیط}}} \Rightarrow \frac{V}{3 \times 10^8} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow V = \sqrt{3} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

$$\Delta x = V \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{10\sqrt{3} \times 10^{-2}}{\sqrt{3} \times 10^8} = 10^{-9} s = 1 \text{ ns}$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. نکته: در یک تار مرتعش، اختلاف بین دو بسامد تشدیدی متوالی برابر با بسامد اصلی تار است. ۱۴

$$f_{n+1} - f_n = f_1$$

مقدار بسامد اصلی را به دست می‌آوریم.

$$288 - 192 = f_1 \Rightarrow f_1 = 96 \text{ Hz}$$

$$f_n = n f_1 = n \times 96 = 480 \Rightarrow n = 5$$

سومین بسامد تشدیدی پس از f_5 ، متعلق به f_8 است.

$$f_8 = 8 f_1 = 8 \times 96 = 768 \text{ Hz}$$

تندی انتشار فراصوت در محیط λf است.

$$v_s = \lambda f = (3/35 \times 10^{-2})(100 \times 10^3) = 335 \frac{m}{s}$$

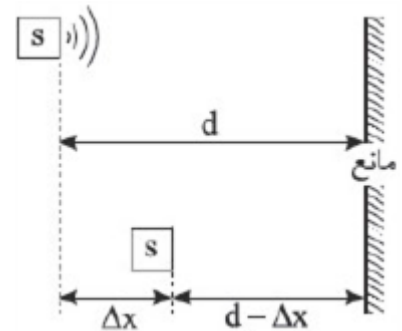
فرض کنید خفاش در لحظه‌ی تولید فراصوت در فاصله‌ی d از مانع است و پس از $0/4$ ثانیه در فاصله‌ی $d - \Delta x$ از مانع قرار گیرد، مسافت طی‌شده توسط خفاش در $0/4$ ثانیه برابر $4m$ است. $\Delta x = 10 \times 0/4 = 4m$ است.

موج فراصوت در $0/4$ ثانیه مسافت $2d - \Delta x$ را طی کرده است، پس فاصله‌ی خفاش در هنگام دریافت پژواک $4m$ کمتر یعنی $65m$ است.

$$2d - \Delta x = v_s \Delta t$$

$$2d - 4 = 335 \times 0/4$$

$$d = 345 \times 0/2 = 69m$$



گزینه ۱ پاسخ صحیح است. شکل تشدیدهای اول و سوم و چهارم را می‌کشیم:

اولین تشدید		$\rightarrow L = \frac{\lambda}{4} \rightarrow \lambda = 4L$
سومین تشدید		$\rightarrow L = \frac{3\lambda'}{4} \rightarrow \lambda' = \frac{4L}{3}$
چهارمین تشدید		$\rightarrow L = 4 \frac{\lambda''}{4} \rightarrow \lambda'' = \frac{4L}{4}$

$$\rightarrow \lambda' - \lambda'' = \frac{4L}{3} - \frac{4L}{4} = \frac{4L}{12} = \frac{4 \times 4L}{12} = \frac{4}{3} \lambda$$

۱۷

گزینه ۳ پاسخ صحیح است. برای دیده شدن مهره باید پرتوی نوری که از آن می‌آید پس از شکست در سطح مایع در زاویه دید ما قرار بگیرد یعنی:

از آنجا که زاویه دید ما 30° با افق است پس زاویه θ_2 باید 60° باشد. از قانون اسنل دکارت می‌توانیم θ_1 را محاسبه کنیم:

$$n_{\text{مایع}} \sin \theta_1 = n_{\text{هوا}} \sin \theta_2 \Rightarrow \sqrt{\frac{3}{2}} \sin \theta_1 = 1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sin \theta_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_1 = 45^\circ$$

از طرف دیگر جمع x_1 و x_2 باید طبق اطلاعات سؤال ۱۰ cm شود:

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_2 &= 10 \text{ cm} \\ x_1 &= h \times \tan \theta_1 \\ x_2 &= (10 - h) \tan \theta_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow h \times \tan 45^\circ + (10 - h) \tan 60^\circ = 10 \Rightarrow h \times 1 + (10 - h) \times \sqrt{3} = 10$$

$$\Rightarrow 10 \times 1/7 - 10 = h(1/7 - 1) \Rightarrow 7 = 0/7 h \Rightarrow h = 10 \text{ cm}$$

پس باید ظرف به طور کامل پر از مایع شود.

۱۸

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

درستی گزینه‌ی «۱»: برای ایجاد پراش طول موج نور به کار رفته باید بزرگتر از پهنای مانع یا شکاف باشد.

درستی گزینه‌ی «۲»: وقتی موج فرودی روی پرده تلاقی سازنده انجام دهند نوارها (فریزهای) روشن ایجاد می‌شود.

درستی گزینه‌ی «۳»: برای تشکیل موج ایستاده بر هم‌نهی موج تابیده و بازتابیده الزامی است.

نادرستی گزینه‌ی «۴»: در موج ایستاده، شکم‌ها در اثر تلاقی سازنده بین قله‌ها و یا دره‌ها به‌وجود می‌آیند. بنابراین دامنه‌ی شکم دو برابر دامنه‌ی موج فرودی است.

۱۹

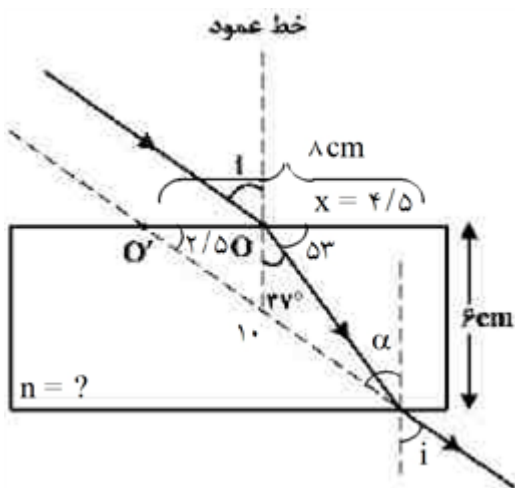
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. تپ عرضی در برخورد با مانع به صورت وارونه بازمی‌تابد. توجه داشته باشید ملاک برای سطح ناهموار مقایسه ابعاد ناهمواری با طول موج تابیده شده است.

۲۰

گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\begin{aligned} t_A &= \frac{L_A}{v_A} \xrightarrow{v_A = \frac{c}{n_A}} t_A = \frac{L_A n_A}{c} \xrightarrow{v_A = c_{n_A}, n_A = \frac{r}{r}, \sin 53^\circ = \frac{r}{d}} \\ &\quad L_A = \frac{12}{\sin 53^\circ} \times 10^{-2} \text{ m}, c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ t_A &= \frac{12 \times 10^{-2} \times \frac{r}{r}}{\sin 53^\circ \times 3 \times 10^8} = \frac{6 \times 10^{-10}}{0/8} = \frac{3}{4} \times 10^{-9} \text{ s} \\ v_A &= \frac{c}{n_A} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{r}{r}} = 2 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \theta_B = 53^\circ \\ \frac{\sin \theta_B}{\sin \theta_A} &= \frac{v_B}{v_A} \Rightarrow v_B = \frac{v_A \sin \theta_B}{\sin \theta_A} \xrightarrow{\theta_A = 37^\circ} \\ v_B &= \frac{2 \times 10^8 \times \sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{2 \times 10^8 \times 0/8}{0/6} = \frac{8}{3} \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ t_B &= \frac{L_B}{v_B} \xrightarrow{v_B = \frac{8}{3} \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \sin 37^\circ = 0/6} t_B = \frac{12 \times 10^{-2} \times 3}{\sin 37^\circ \times 8 \times 10^8} \\ &= \frac{12 \times 10^{-2} \times 3}{8 \times 10^8 \times 0/6} = \frac{3}{4} \times 10^{-9} \text{ s} \Rightarrow t_B = \frac{3}{4} \times 10^{-9} \text{ s} \\ t_A + t_B &= \frac{3}{2} \times 10^{-9} \text{ s} \end{aligned}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ۲۱



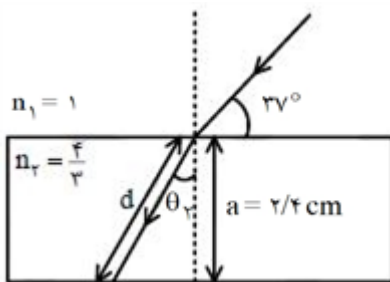
$$\tan 53^\circ = \frac{r}{x} \Rightarrow \frac{\sin 53^\circ / \lambda}{\cos 53^\circ / r} = \frac{r}{x} \Rightarrow \frac{r}{\lambda} = \frac{r}{x}$$

$$\Rightarrow x = \frac{\lambda}{r} = 4/5 \text{ cm}$$

$$\sin \alpha = \frac{\lambda}{r} \Rightarrow \alpha = 53^\circ \Rightarrow i = \alpha = 53^\circ$$

$$\frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_i} = \frac{n_i}{n_r} \Rightarrow \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{1}{n_r} \Rightarrow n_r = \frac{4}{3}$$

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. ۲۲



$$\theta_i = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r \Rightarrow 1 \sin 53^\circ = \frac{4}{3} \sin \theta_r$$

$$\Rightarrow 0.8 = \frac{4}{3} \sin \theta_r \Rightarrow \sin \theta_r = 0.6 \Rightarrow \theta_r = 37^\circ$$

$$\cos \theta_r = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} \Rightarrow \cos 37^\circ = \frac{a}{d}$$

$$\Rightarrow 0.8 = \frac{2/4}{d} \Rightarrow d = 3 \text{ cm}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. ابتدا تندی انتشار موج در قسمت کم عمق را حساب می‌کنیم. ۲۳

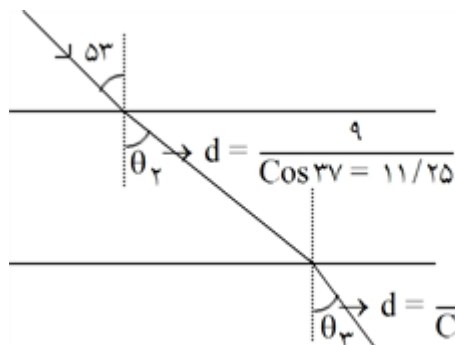
$$\begin{cases} \lambda = \frac{v}{f} \\ \frac{\lambda}{r} = 1.0 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow 0.2 = \frac{v}{2.0} \Rightarrow v = 4 \frac{m}{s}$$

با حرکت امواج از قسمت کم عمق به عمیق، تندی حرکت موج افزایش می‌یابد، در این صورت داریم:

$$v' = v + r \Rightarrow v' = 1.0 \frac{m}{s}$$

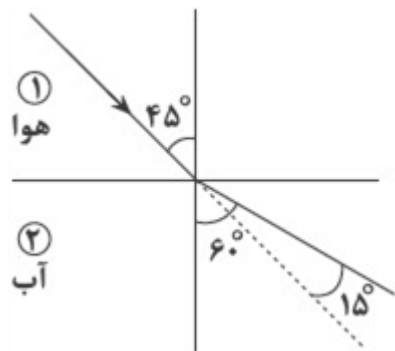
با توجه به ثابت بودن تندی حرکت در این قسمت داریم:

$$v' = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 1.0 = \frac{2}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 0.2 \text{ s}$$



$$\left. \begin{aligned} \Delta t_1 &= \frac{d}{v} = \frac{d}{\frac{c}{n}} = \frac{11/25 \times 10^{-2}}{\frac{3 \times 10^8}{4}} = 50 \text{ ns} \\ \Delta t_2 &= \frac{d}{v} = \frac{d}{\frac{c}{n}} = \frac{12/\sqrt{2} \times 10^{-2}}{\frac{3 \times 10^8}{0.75\sqrt{2}}} = 48 \text{ ns} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 50 + 48 = 98 \text{ ns}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. تندی موج صوتی در عبور از محیط هوا به آب، افزایش می‌یابد و در نتیجه زاویه شکست بزرگتر از زاویه تابش می‌شود.



$$\left\{ \begin{aligned} \hat{\theta}_1 &= 45^\circ \\ D &= 15^\circ \end{aligned} \right. \Rightarrow \theta_2 = \hat{\theta}_1 + \widehat{D} = 45^\circ + 15^\circ = 60^\circ$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{v_2}{30} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \Rightarrow v_2 = 30 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 150 \sqrt{6} \frac{m}{s}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. گام اول: به کمک رابطه‌ی اسنل، زاویه‌ی شکست را در محیط دوم به دست می‌آوریم:

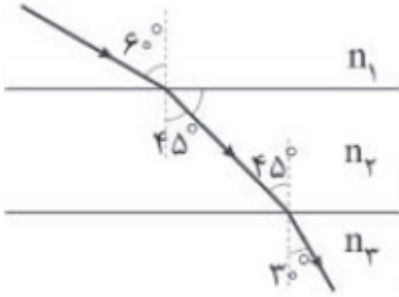
$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin 60^\circ} = \frac{1}{\sqrt{\frac{3}{2}}} \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_2 = 45^\circ$$

گام دوم: به کمک نسبت طول موج‌ها، زاویه‌ی شکست در محیط ۳ را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1} = \frac{v_3}{v_1} \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f} \text{ ثابت است}} \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_1} = \frac{\lambda_3}{\lambda_1} \xrightarrow{\lambda_3 = \frac{\sqrt{2}}{2} \lambda_1} \frac{\sin \theta_3}{\sin 60^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\Rightarrow \sin \theta_3 = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_3 = 30^\circ$$

گام سوم: با توجه به زبای به دست آمده مسیر حرکت پرتو نور را به صورت زیر رسم می‌کنیم:



همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید هنگام عبور پرتو نور از محیط ۲ به محیط ۳، پرتو ۱۵° منحرف می‌شود.

گزینه ۴ پاسخ صحیح است. گام اول: با توجه به این‌که فاصله‌ی دو جبهه‌ی متوالی، برابر λ می‌باشد، داریم:

$$\left. \begin{aligned} 4\lambda_A = 4x &\Rightarrow \lambda_A = x \\ 2\lambda_B = x &\Rightarrow \lambda_B = \frac{x}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = 2$$

گام دوم: طبق صورت سؤال، اختلاف طول موج در قسمت‌های A و B برابر ۴ cm است. بنابراین داریم:

$$\lambda_A - \lambda_B = 4 \times 10^{-2} \xrightarrow{\lambda_A = 2\lambda_B} 2\lambda_B - \lambda_B = 4 \times 10^{-2} \Rightarrow \lambda_B = 0.04 \text{ m}$$

$$\lambda_A = 0.08 \text{ m}$$

$$v_A = \lambda_A f = 0.08 \times 20 = 1.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

گام سوم: بنابراین تندی انتشار امواج در محیط A برابر است با:

گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

گام اول: بسامد امواج به چشمه‌ی آن‌ها بستگی دارد و با تغییر محیط تغییر نمی‌کند و ثابت می‌ماند، بنابراین طبق

رابطه‌ی $\lambda = \frac{v}{f}$ با تغییر محیط، طول موج متناسب با تغییرات تندی انتشار تغییر خواهد کرد و داریم:

$$\frac{\lambda_{\text{آب}}}{\lambda_{\text{هوا}}} = \frac{v_{\text{آب}}}{v_{\text{هوا}}} = \frac{1200}{300} = 4$$

گام دوم: با توجه به این‌که طول موج (فاصله‌ی دو قله‌ی متوالی) در هوا برابر ۱۲۰ cm است، داریم:

$$\frac{\lambda_{\text{آب}}}{\lambda_{\text{هوا}}} = 4 \Rightarrow \frac{\lambda_{\text{آب}}}{120} = 4 \Rightarrow \lambda_{\text{آب}} = 480 \text{ cm}$$

گام سوم: در صورت سؤال فاصله‌ی یک ستیغ از پاستیغ مجاور آن در آب خواسته شده است که برابر $\frac{\lambda}{2}$ یعنی ۲۴۰ cm

است.

ابتدا زاویه‌ی پرتوی ورودی و پرتوی خروجی از منشور را تعیین می‌کنیم.

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r \Rightarrow 1 \times \sin 60^\circ = \sqrt{3} \times \sin \theta_r$$

$$\Rightarrow \sin \theta_r = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$

به دلیل تقارن، زاویه‌ی خروجی و ورودی با هم برابر بوده و به شکل زیر است:



در سؤال زاویه‌ی $\widehat{D}$ خواسته شده است.

$$\widehat{D} = (\theta_i - \theta_r) + (\theta'_i - \theta'_r)$$

$$\Rightarrow \widehat{D} = (60^\circ - 30^\circ) + (60^\circ - 30^\circ) = 30^\circ + 30^\circ = 60^\circ$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

پس از گذشت ۳s موج به اندازه‌ی $\Delta x = v\Delta t = 4 \times 3 = 12 \text{ cm}$ پیشروی می‌کند و شکل موج تابش و بازتابش در

طناب مطابق شکل زیر است. شکل موج برآیند با استفاده از اصل برهم‌نهی، به صورت زیر است:



گزینه ۲ پاسخ صحیح است. پرتو هنگام ورود از محیط رقیق به محیط غلیظ به خط عمود بر سطح نزدیک می‌شود،

بنابراین می‌توان با استفاده از رابطه‌ی $\widehat{D} = \hat{i} - \hat{r}$ که $\widehat{D} = \hat{r}$ است، زاویه‌ی شکست را به دست آورد.

$$\widehat{D} = \hat{i} - \hat{r} \Rightarrow \hat{r} = \hat{i} - \hat{r} \Rightarrow \hat{i} = 2\hat{r} \Rightarrow 60^\circ = 2\hat{r} \Rightarrow \hat{r} = 30^\circ$$

اکنون با استفاده از قانون اسنل، نسبت ضریب شکست‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{3}$$

حال مطابق رابطه‌ی $n = \frac{c}{v}$ ، ضریب شکست با سرعت، رابطه‌ی عکس دارد در نتیجه:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{c}{v_2} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{3 \times 10^8}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \times 10^8 \frac{m}{s}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. برای این که تعیین کنیم بسامد کدام یک از مدهای نوسان ریسمان ها با یکدیگر برابر است، داریم:

$$m = m' \xrightarrow{\rho=\rho'} V = V' \Rightarrow AL = A'L'$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \xrightarrow{D=2D'} D^2 L = D'^2 L' \xrightarrow{D=2D'} L' = 4L$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \Rightarrow \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{A}{A'}} = \sqrt{\left(\frac{D}{D'}\right)^2} = \frac{D}{D'} \xrightarrow{D=2D'} \frac{v'}{v} = 2$$

$$f_n = f_n' \Rightarrow \frac{nv}{2L} = \frac{n'v'}{2L'} \xrightarrow{L'=4L, v'=2v} n' = 2n$$

اعداد صحیحی که در رابطه $n' = 2n$ صدق می کنند، عبارتند از:

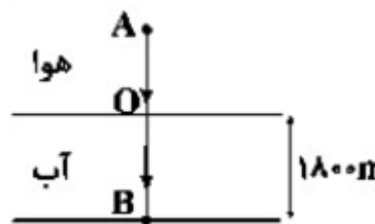
$$\text{اولین تشدید: } \begin{cases} n = 1 \\ n' = 2 \end{cases} \quad \text{دومین تشدید: } \begin{cases} n = 2 \\ n' = 4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{تعداد گره} = n + 1 = 3 \\ \text{تعداد گره} = n' + 1 = 5 \end{cases}$$

گزینه ۲ پاسخ صحیح است. بسامد امواج الکترومغناطیسی از ویژگی های منبع منتشرکننده ی آن است. بنابراین بسامد

نور تک رنگ در هوا و آب با یکدیگر برابر هستند در نتیجه، با استفاده از رابطه ی $\lambda = \frac{v}{f}$ می توان فهمید که نسبت

$$\frac{\lambda_{\text{هوا}}}{\lambda_{\text{آب}}} = \frac{v_{\text{هوا}}}{v_{\text{آب}}} = \frac{4}{3} \xrightarrow{v_{\text{هوا}}=c} v_{\text{آب}} = \frac{3}{4}c \quad \text{سرعت نور تک رنگ در هوا به آب برابر } \frac{4}{3} \text{ است.}$$

حال می دانیم امواج الکترومغناطیسی در یک محیط با سرعت ثابت حرکت می کنند، بنابراین زمان کل حرکت نور از نقطه ی A تا B برابر است با مجموع زمان های حرکت نور در هوا و آب است.



$$t_{\text{کل}} = t_{\text{هوا}} + t_{\text{آب}} \Rightarrow t_{\text{کل}} = \frac{AO}{v_{\text{هوا}}} + \frac{OB}{v_{\text{آب}}} \\ \Rightarrow 18 \times 10^{-6} = \frac{AO}{c} + \frac{OB}{\frac{3}{4}c} \Rightarrow 18 \times 10^{-6} = \frac{AO}{c} + \frac{4}{3} \frac{OB}{c} \\ 1800 = \frac{AO}{3 \times 10^8} + \frac{4}{3} \frac{OB}{3 \times 10^8} \Rightarrow 18 \times 10^{-6} = \frac{AO}{3 \times 10^8} + \frac{4}{9} \times \frac{1800}{3 \times 10^8}$$

$$\Rightarrow 18 \times 10^{-6} = \frac{AO + 2400}{3 \times 10^8} \Rightarrow 18 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^8 = AO + 2400 \Rightarrow 5400 = AO + 2400$$

$$\Rightarrow AO = 5400 - 2400 = 3000 \text{ m}$$

گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا نسبت طول موج نور در آزمایش را در دو محیط محاسبه می کنیم:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \frac{\lambda_{\text{مایع}}}{\lambda_{\text{هوا}}} = \frac{v_{\text{مایع}}}{v_{\text{هوا}}} = \frac{2/5 \times 10^8}{3 \times 10^8} = \frac{2/5}{3} = \frac{25}{30} = \frac{5}{6}$$

↓
ثابت

پهنای هر نوار تاریک را w فرض می کنیم و w با طول موج نور رابطه ی مستقیم دارد، بنابراین:

$$\frac{w_{\text{مایع}}}{w_{\text{هوا}}} = \frac{\lambda_{\text{مایع}}}{\lambda_{\text{هوا}}} \Rightarrow \frac{w_{\text{مایع}}}{1/2} = \frac{5}{6} \Rightarrow w_{\text{مایع}} = 1 \text{ mm}$$

۳۵ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow V_2 = \frac{n_1}{n_2} V_1$$

$$t = \frac{L}{V_1} + \frac{L}{V_2} = \frac{L}{V_1} + \frac{L}{V_1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \Rightarrow t = \frac{L}{V_1} \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right)$$

۳۶ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با افزایش زاویه $\hat{i}$ ، زاویه $\hat{r}$ نیز افزایش می‌یابد، در نتیجه زاویه r' کاهش یافته و زاویه i' نیز کاهش می‌یابد.

۳۷ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow V_2 = \frac{3}{4} V_1$$

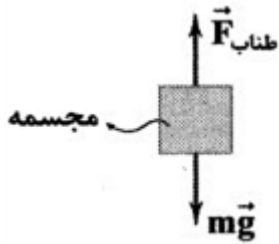
$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{V} \Rightarrow \Delta t_1 = \Delta t_2 \Rightarrow \frac{\Delta x_1}{V_1} = \frac{\Delta x_2}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = \frac{3}{4} \Rightarrow \Delta x_1 = \frac{4}{3} \times 120 = 160m$$

۳۸ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. طبق قانون بازتاب عمومی، در تمام امواج از جمله امواج صوتی و الکترومغناطیس و نور مرئی که خود از امواج الکترومغناطیسی است، زاویه‌های تابش و بازتابش با هم برابرند.

۳۹ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

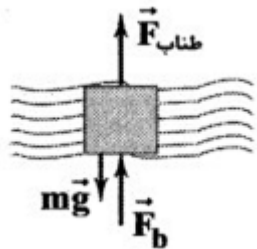
گزینه ۴ پاسخ صحیح است. فرکانس اصلی تولیدی درون یک طناب دو سر بسته از رابطه‌ی $f_1 = \frac{v}{2L}$ محاسبه می‌گردد.

که در این رابطه، $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ است. از آن‌جا که سرعت انتشار موج به نیروی کشش طناب بستگی دارد، بنابراین داریم:
حالت اول: در این حالت وزن مجسمه توسط طناب تحمل می‌شود.



$$F_{\text{طناب}} = mg = \rho_{\text{آلومینیم}} Vg$$

حالت دوم: در این حالت مجسمه به طور کامل درون آب فرو می‌رود، بنابراین از طرف آب نیروی شناوری به سمت بالا به مجسمه وارد می‌شود که باعث کاهش نیروی کشش طناب می‌شود.



$$F_{\text{طناب}} = mg - F_b = \rho_{\text{آلومینیم}} Vg - F_b$$

F_b در این رابطه نیروی شناوری است که از رابطه‌ی $F_b = \rho_{\text{آب}} V_{\text{in}} g$ به دست می‌آید. از آن‌جا که مجسمه به طور کامل درون آب فرو رفته، بنابراین $V_{\text{in}} = V$. پس:

$$F_{\text{طناب}} = \rho_{\text{آلومینیم}} Vg - \rho_{\text{آب}} Vg = (\rho_{\text{آلومینیم}} - \rho_{\text{آب}}) Vg$$

اگر فرکانس اصلی طناب در حالت اول را با $f_{\text{هوا}} = \frac{v_{\text{هوا}}}{2L}$ و برای حالت دوم فرکانس اصلی طناب را با $f_{\text{آب}} = \frac{v_{\text{آب}}}{2L}$

نمایش دهیم. می‌توان گفت L در دو حالت یکسان است، بنابراین:

$$\begin{aligned} \frac{f_{\text{آب}}}{f_{\text{هوا}}} &= \frac{v_{\text{آب}}}{v_{\text{هوا}}} = \sqrt{\frac{F_{\text{طناب}}}{F_1}} = \sqrt{\frac{(\rho_{\text{آلومینیم}} - \rho_{\text{آب}}) Vg}{\rho_{\text{آلومینیم}} Vg}} \\ \Rightarrow \frac{f_{\text{آب}}}{f_{\text{هوا}}} &= \sqrt{\frac{\rho_{\text{آلومینیم}} - \rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آلومینیم}}}} = \sqrt{\frac{2500 - 1000}{2500}} \\ \Rightarrow \frac{f_{\text{آب}}}{250} &= \sqrt{\frac{3}{5}} \Rightarrow f_1 = 250 \sqrt{\frac{3}{5}} \text{ Hz} = 250 \sqrt{0.6} \text{ Hz} \end{aligned}$$

۱	۱	۲	۳	۴
۲	۱	۲	۳	۴
۳	۱	۲	۳	۴
۴	۱	۲	۳	۴
۵	۱	۲	۳	۴
۶	۱	۲	۳	۴
۷	۱	۲	۳	۴
۸	۱	۲	۳	۴
۹	۱	۲	۳	۴
۱۰	۱	۲	۳	۴
۱۱	۱	۲	۳	۴
۱۲	۱	۲	۳	۴
۱۳	۱	۲	۳	۴
۱۴	۱	۲	۳	۴
۱۵	۱	۲	۳	۴
۱۶	۱	۲	۳	۴
۱۷	۱	۲	۳	۴
۱۸	۱	۲	۳	۴
۱۹	۱	۲	۳	۴
۲۰	۱	۲	۳	۴
۲۱	۱	۲	۳	۴
۲۲	۱	۲	۳	۴
۲۳	۱	۲	۳	۴
۲۴	۱	۲	۳	۴
۲۵	۱	۲	۳	۴
۲۶	۱	۲	۳	۴
۲۷	۱	۲	۳	۴
۲۸	۱	۲	۳	۴
۲۹	۱	۲	۳	۴
۳۰	۱	۲	۳	۴
۳۱	۱	۲	۳	۴
۳۲	۱	۲	۳	۴

۳۳	۱	۲	۳	۴
۳۴	۱	۲	۳	۴
۳۵	۱	۲	۳	۴
۳۶	۱	۲	۳	۴
۳۷	۱	۲	۳	۴
۳۸	۱	۲	۳	۴
۳۹	۱	۲	۳	۴
۴۰	۱	۲	۳	۴

