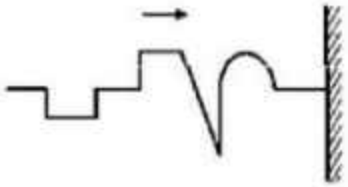
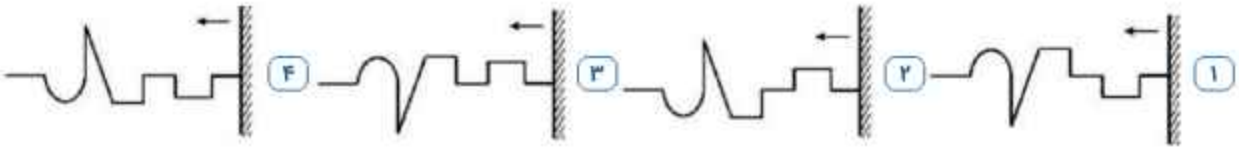
نام دبیر : مهندس مهدی باباخانی

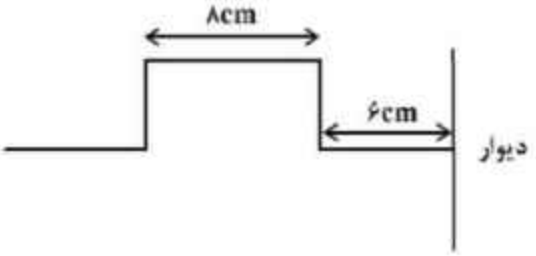
عنوان آزمون : هومورک۲ موج

۱ یک تپ عرضی مطابق شکل زیر، در یک طناب از چپ به راست در حال پیشروی است. در بازتاب از انتهای ثابت طناب، تپ بازتاب آن به چه شکل خواهد بود؟



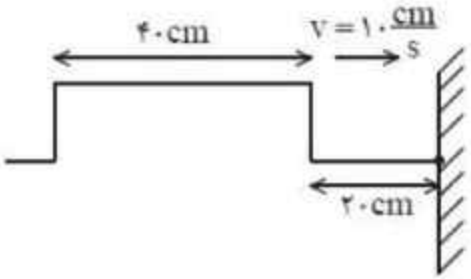


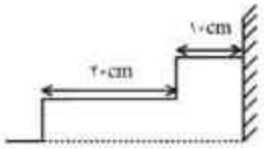
۲ شکل مقابل، یک تپ پیش‌روندهٔ عرضی در طناب را نشان می‌دهد که با تندی ثابت $۲\frac{cm}{s}$ به سمت دیواری که انتهای طناب محکم به آن بسته شده است، پیش می‌رود. چند ثانیه پس از لحظهٔ نشان داده شده، طناب به حالت افقی درمی‌آید؟

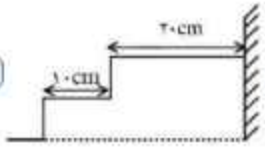


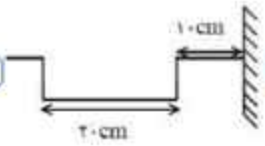
۱) ۵ ۲) ۶ ۳) ۷ ۴) ۸

۳ یک تپ مستطیل شکل در $t = ۰$، مطابق شکل با سرعت $۱۰\frac{cm}{s}$ به انتهای بستهٔ طناب نزدیک می‌شود. کدام گزینه شکل این تپ را در $t = ۵s$ به درستی نشان می‌دهد؟



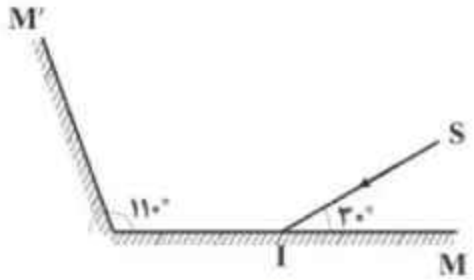
۱


۲


۳


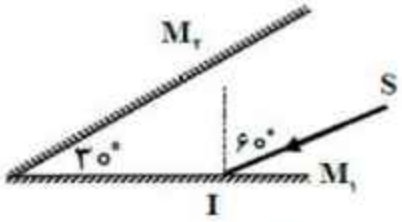
۴

۴ مطابق شکل زیر، پرتوی نور SI با زاویه‌ی ۳۰° نسبت به سطح آینه‌ی تخت M به آن برخورد می‌کند. زاویه‌ای که امتداد پرتوی بازتاب از آینه‌ی تخت M' با راستای آینه‌ی M می‌سازد، چند درجه است؟



۱ ۵۰ ۲ ۶۰ ۳ ۷۰ ۴ ۸۰

۵ در شکل مقابل، پرتو بازتابش نهایی نسبت به پرتو تابش اولیه (SI) چند درجه منحرف می‌شود؟

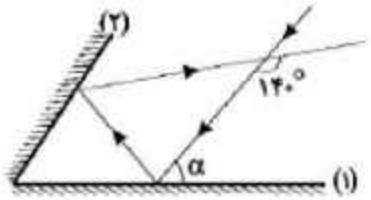


۱ ۱۸۰° ۲ ۱۶۰° ۳ ۱۵۰° ۴ ۱۴۰°

۶ اگر در آینه‌ی تختی، زاویه‌ی تابش را ۴۰ درجه افزایش دهیم، زاویه‌ی بین پرتوهای تابش و بازتابش، ۵ برابر می‌شود. زاویه‌ی تابش اولیه چند درجه بوده است؟

۱ ۵ ۲ ۱۰ ۳ ۲۰ ۴ ۳۰

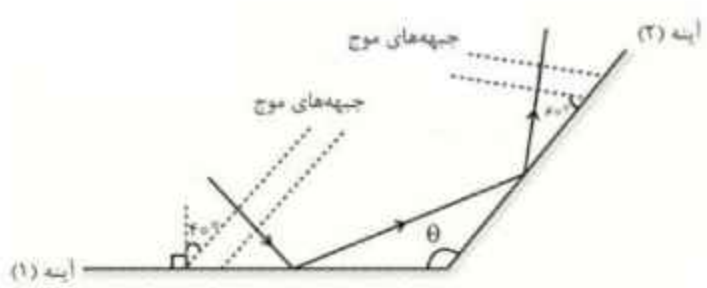
۷ مطابق شکل، پرتوی نوری با زاویه‌ی α به آینه‌ی (۱) تابیده و پس از بازتاب به آینه‌ی (۲) برخورد می‌کند. اگر زاویه‌ی بین پرتوی تابش به آینه‌ی (۱) و بازتابش از آینه‌ی (۲)، 140° درجه باشد، α چند درجه است؟ (زاویه‌ی بین دو آینه حاده است.)



۱) ۵۰ ۲) ۶۰

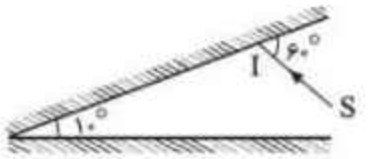
۳) ۷۰ ۴) اطلاعات برای محاسبه‌ی α کافی نیست.

۸ مطابق شکل پرتو نوری به دو آینه تخت تابیده و از آنها بازتاب می‌کند. زاویه میان پرتو تابیده شده به آینه (۱) و پرتو باز تابیده از آینه (۲) چند درجه است؟



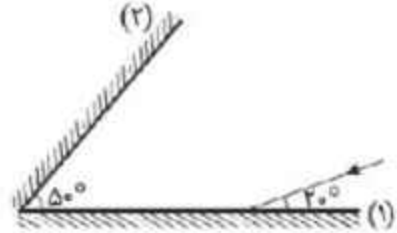
۱) 160° ۲) 140° ۳) 110° ۴) 80°

۹ پرتو نور SI مطابق شکل زیر به دو آینهٔ تخت متقاطع برخورد می‌کند. زاویهٔ بین پرتو تابش به آینهٔ اول و پرتو خروجی از میان آینه‌ها چند درجه است؟



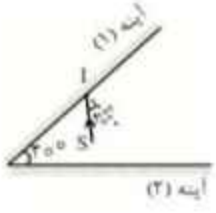
۱) 20° ۲) 60° ۳) 160° ۴) 180°

۱۰ در شکل روبه‌رو، پرتوی نور در برخورد اول با سطح آینه‌ی (۱) زاویه‌ی 20° می‌سازد. این پرتو دوبار از آینه‌ی (۲) بازتاب شده و در نهایت با زاویه‌ی α نسبت به سطح آینه‌ی (۲) میان دو آینه خارج می‌شود. مقدار α چند درجه است؟



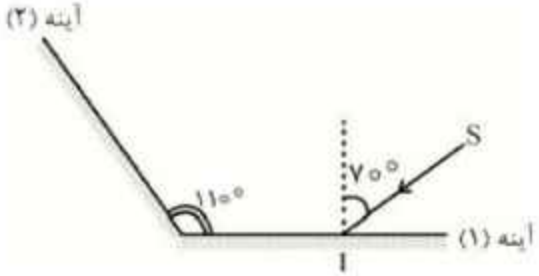
۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

۱۱) مطابق شکل، پرتو SI به آینه (۱) می‌تابد و پس از بازتابش‌هایی میان دو آینه، از فضای بین دو آینه خارج می‌شود. زاویه میان پرتو بازتاب نهایی با امتداد پرتو SI چند درجه است؟ (طول آینه‌ها به اندازه کافی بلند است.)



۱) ۱۱۰° ۲) ۱۳۰° ۳) ۵۰° ۴) ۸۰°

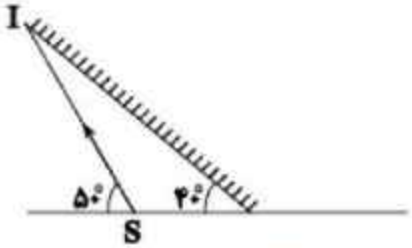
۱۲) در شکل مقابل اگر زاویه بین پرتو تابش SI و سطح آینه تخت ۱، ۱۰° افزایش یابد، به‌ترتیب زاویه تابش در آینه ۲ چند درجه و چگونه تغییر می‌کند و زاویه بین امتداد پرتو SI و امتداد پرتو بازتاب از آینه ۲ چند درجه و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۱۰ درجه افزایش می‌یابد، ۲۰ درجه کاهش می‌یابد. ۲) ۱۰ درجه کاهش می‌یابد، ۲۰ درجه کاهش می‌یابد.

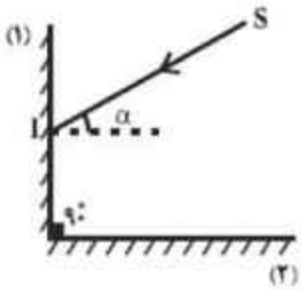
۳) ۱۰ درجه افزایش می‌یابد، ثابت می‌ماند. ۴) ۱۰ درجه کاهش می‌یابد، ثابت می‌ماند.

۱۳) در شکل زیر، پرتو SI که با افق زاویه‌ی ۵۰° می‌سازد به سطح آینه تخت برخورد می‌کند. زاویه‌ی بین امتداد پرتو بازتاب با سطح افق چند درجه است؟



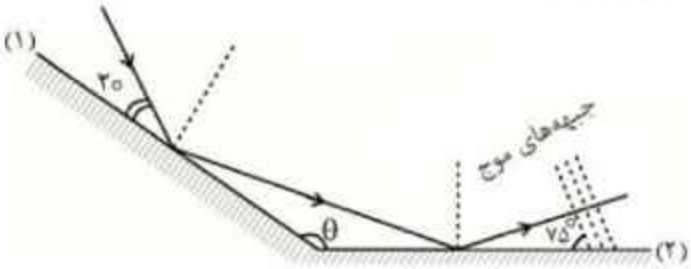
۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۵۰

۱۴) در شکل مقابل، پرتو SI تحت زاویه‌ی تابش α به آینه‌ی تخت ۱ تابیده و با زاویه‌ی بازتابش β از سطح آینه‌ی تخت ۲ بازتاب می‌شود. اگر $30^\circ \le \alpha \le 45^\circ$ باشد، β در کدام محدوده است؟



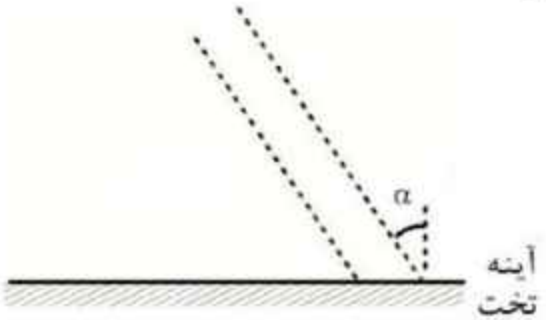
۱) $30^\circ \le \beta \le 45^\circ$ ۲) $45^\circ \le \beta \le 60^\circ$ ۳) $15^\circ \le \beta \le 30^\circ$ ۴) $15^\circ \le \beta \le 45^\circ$

۱۵ مطابق شکل، پرتو نوری به دو آینه تخت که با یک‌دیگر زاویه θ می‌سازند، تابیده و از آن‌ها بازتاب می‌شود. زاویه میان پرتو بازتاب از آینه ۲ با پرتو تابیده شده به آینه ۱ چند درجه است؟



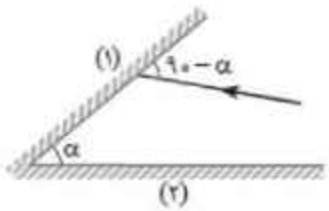
۱) ۹۵ ۲) ۱۴۵ ۳) ۱۷۰ ۴) ۷۰

۱۶ در شکل مقابل دو جبهه موج متوالی تابیده شده به یک آینه تخت برحسب میکرومتر نشان داده شده است. اگر فاصله میان این دو جبهه موج متوالی $۲/۴\mu m$ و زاویه میان جبهه‌های موج تابشی و بازتابشی ۱۲۰° باشد، α چند درجه و فاصله دو جبهه موج متوالی در موج بازتابشی چند میکرومتر است؟



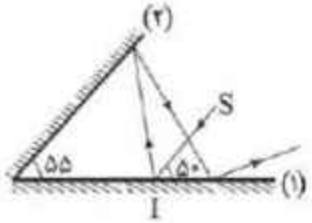
۱) $۱/۲ ،۳۰^\circ$ ۲) $۱/۲ ،۶۰^\circ$ ۳) $۲/۴ ،۳۰^\circ$ ۴) $۲/۴ ،۶۰^\circ$

۱۷ در شکل روبه‌رو نور تک‌رنگ پس از برخورد به آینه‌ی $M_۱$ به آینه‌ی $M_۲$ برخورد کرده و بازتاب می‌شود. زاویه‌ی انحراف پرتو ورودی چند درجه است؟



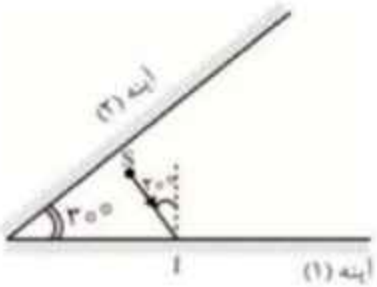
۱) α ۲) ۲α
۳) $۳۶۰ - ۲\alpha$ ۴) ۱۸۰

۱۸ مطابق شکل زیر، پرتو نور SI به آینهٔ (۱) می‌تابد و پس از بازتاب از آینهٔ (۲) دوباره به آینهٔ (۱) تابیده و از میان دو آینه خارج می‌شود. زاویهٔ بین امتداد پرتو بازتاب نهایی با امتداد پرتو SI چند درجه است؟



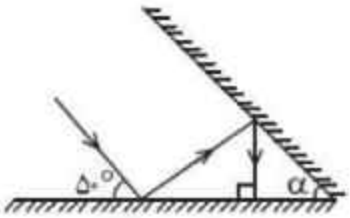
۱) ۲۰ ۲) ۱۶۰ ۳) ۱۵۰ ۴) ۶۰

۱۹ مطابق شکل از چشمه نور نقطه‌ای S پرتو SI به آینه (۱) می‌تابد و پرتوها پس از بازتابش‌هایی میان این دو آینه، از فضای بین این دو آینه خارج می‌شوند. زاویه میان پرتو بازتاب نهایی با امتداد پرتو SI چند درجه است؟ (طول آینه‌ها به اندازه کافی بلند است.)



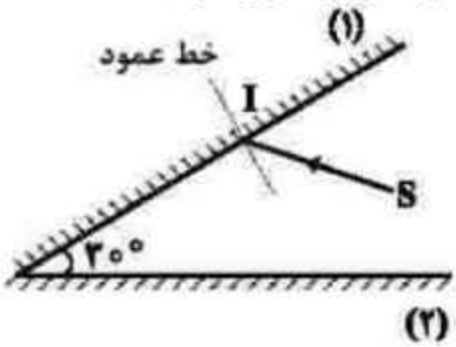
۱) 150° ۲) 110° ۳) 60° ۴) 80°

۲۰ با توجه به مسیر پرتوها در دو آینهٔ متقاطع، زاویهٔ بین دو آینه (α) چند درجه است؟



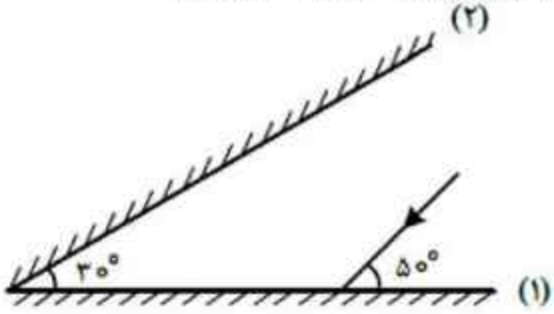
۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۲۵ ۴) ۳۵

۲۱ مطابق شکل مقابل، پرتو SI با زاویهٔ تابش 40° بر آینهٔ ۱ می‌تابد. این پرتو، پس از بازتابش‌های متوالی، آینه‌ها را ترک می‌کند. آخرین زاویهٔ بازتابش چند درجه است؟ (سطح آینه‌های تخت، به اندازهٔ کافی بزرگ فرض شود.)



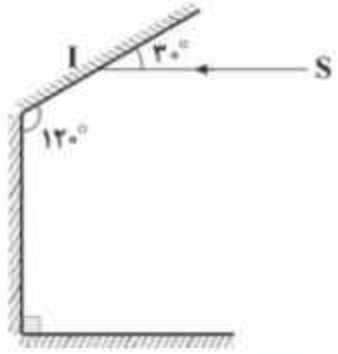
۱) ۵۰ ۲) ۶۰ ۳) ۷۰ ۴) ۸۰

۲۲ پرتو نوری مطابق شکل زیر به آینهٔ ۱ می‌تابد، در چهارمین بازتاب، چه زاویه‌ای با سطح آینهٔ ۲ می‌سازد؟



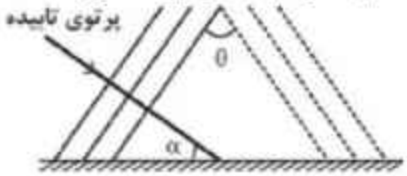
۱) 10° ۲) 40° ۳) 50° ۴) 80°

۲۳ در شکل زیر، زاویه‌ی انحراف پرتوی ورودی به مجموعه (SI) نسبت به پرتوی خروجی از مجموعه چند درجه است؟



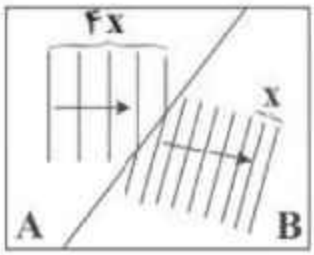
۱) ۱۱۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۱۳۰ ۴) ۱۵۰

۲۴ در شکل زیر، امواج تخت تابیده و بازتابیده از یک مانع تخت رسم شده است. کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟



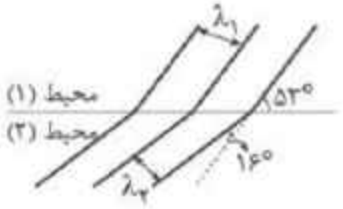
۱) $\hat{\theta} = \hat{\alpha}$ ۲) $\hat{\theta} = ۲\hat{\alpha}$ ۳) $۲\hat{\theta} = \hat{\alpha}$ ۴) $\hat{\theta} = ۳\hat{\alpha}$

۲۵ در یک تشت موج، امواج تخت با بسامد $۲۰\ \mathrm{Hz}$ ایجاد شده است و مطابق شکل مقابل جبهه‌های موج از قسمت A وارد قسمت B می‌شوند. اگر اختلاف طول موج در قسمت‌های A و B برابر $۴\ \mathrm{cm}$ باشد، تندی انتشار امواج در قسمت A چند متر بر ثانیه است؟



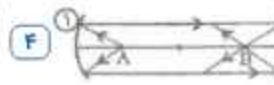
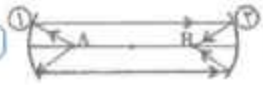
۱) ۰/۸ ۲) ۰/۶ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۶

۲۶ جبهه‌های موجی مطابق شکل از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شود، حاصل $\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱}$ کدام است؟ ($\mathrm{Sin}\,۳۷^\circ = ۰/۶$)

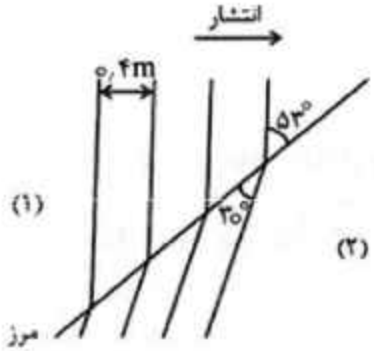


۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۳}{۴}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۹}{۴}$

۲۷ انتشار و بازتاب امواج صوتی از دو سطح خمیده مقابل به هم در کدام گزینه به درستی نشان داده شده است؟ (A مرکز کانون اصلی (۱)، B مرکز کانون اصلی (۲))

۱ 
۲ 
۳
۴

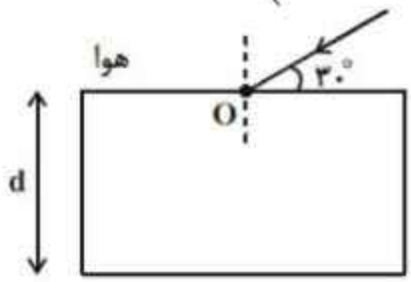
۲۸ شکل زیر طرحی از شکست موج در مرز دو محیط (۱) و (۲) را نشان می‌دهد. اگر بسامد موج ۲۲Hz باشد، تندی انتشار موج در محیط (۲) چند متر بر ثانیه است؟



θ	۳۰°	۳۷°	۵۳°	۶۰°
sin θ	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۸	۰/۸۷

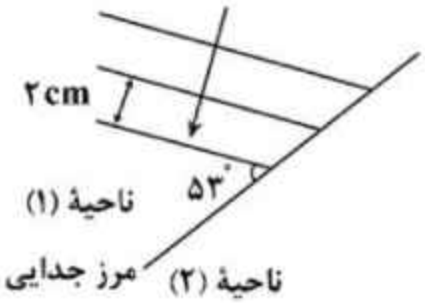
۱ ۵/۵۰ ۲ ۶/۸۰ ۳ ۹/۵۷ ۴ ۱۲/۷۶

۲۹ تیغهٔ متوازی‌السطوحی به ضخامت d و ضریب شکست $\sqrt{۳}$ در هوا قرار دارد و پرتوی نوری مطابق شکل مقابل به آن می‌تابد. اگر نور در مدت ۵ ns از تیغه عبور کند، d چند سانتی‌متر است؟ $\left(c = ۳\times ۱۰^{۸}\frac{m}{s}\right)$



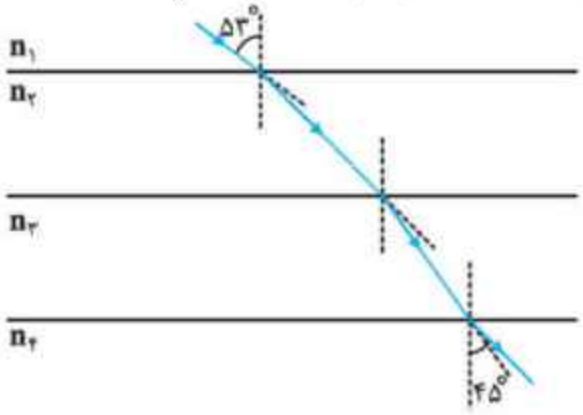
۱ ۶۰ ۲ ۷۵ ۳ ۴۵ ۴ ۳۰

۳۰ شکل روبه‌رو، جبهه‌های متوالی موج تخت داخل تشت موجی را نشان می‌دهد که از ناحیه ۱ وارد ناحیهٔ ۲ می‌شود. اگر تندی انتشار موج در ناحیهٔ ۱، ۶۰ درصد بیشتر از تندی انتشار موج در ناحیهٔ ۲ باشد، زاویهٔ شکست و طول موج در ناحیهٔ ۲ به‌ترتیب چقدر هستند؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



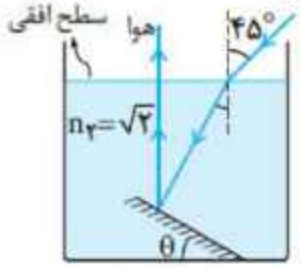
۱) $۱/۲\ \text{cm}, ۳۰^\circ$ ۲) $۱/۲۵\ \text{cm}, ۳۰^\circ$ ۳) $۱/۲\ \text{cm}, ۳۷^\circ$ ۴) $۱/۲۵\ \text{cm}, ۳۷^\circ$

۳۱ مطابق شکل روبه‌رو، پرتو نوری از محیط شفاف ۱ وارد محیط های 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؟ $(\sin ۵۳^\circ = ۰/۸, \sin ۴۵^\circ = ۰/۷)$



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

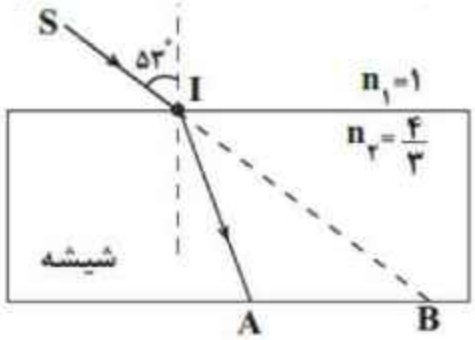
۳۲ در شکل مقابل، با توجه به مسیر پرتو نور و بازتاب آن از روی آینهٔ تخت، زاویهٔ (θ) چند درجه است؟



۱) ۱۵ ۲) ۲۲/۵ ۳) ۳۰ ۴) ۴۵

۳۳ در شکل مقابل، پرتو SI با زاویه تابش ۵۳ درجه به سطح یک تیغهٔ شیشه‌ای به ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ می‌تابد و در نقطهٔ A از تیغه خارج می‌شود. اگر فاصلهٔ A تا B برابر $۷\ cm$ باشد، پرتو نور در مدت چند نانوثانیه، فاصلهٔ نقطهٔ I تا نقطهٔ A را طی می‌کند؟

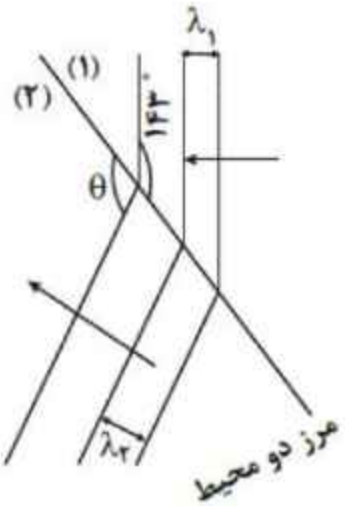
$\left(\text{Sin}\,۵۳^\circ = ۰/۸, C = ۳\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}\right)$



۱) $\frac{۲}{۳}$ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) $\frac{۸}{۹}$ ۴) $\frac{۳}{۵}$

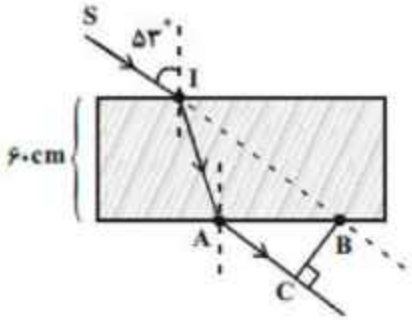
۳۴ مطابق شکل مقابل، جبهه‌های موج تختی روی سطح آب درون تشت، از محیط اول وارد محیط دوم با عمق متفاوت با محیط اول، می‌شود، اگر نسبت ضریب شکست دو محیط برابر $\frac{۴}{۳}$ باشد، زاویهٔ θ چند درجه است؟

$(\text{Sin}\,۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) ۱۴۳° ۲) ۱۲۷° ۳) ۱۵۰° ۴) ۱۳۴°

۳۵) در شکل مقابل، پرتوی SI با زاویهٔ ۵۳° از هوا به یک تیغهٔ شفاف با ضریب شکست $\frac{۴}{۳}$ و ضخامت $۶۰\ cm$ می‌تابد و در نقطهٔ A از تیغه خارج می‌شود. اگر راستای پرتوی SI در نقطه B از تیغه شفاف خارج شود، $\overline{BC}$ چند سانتی‌متر است؟ $(\sin ۵۳^\circ = ۰/۸)$



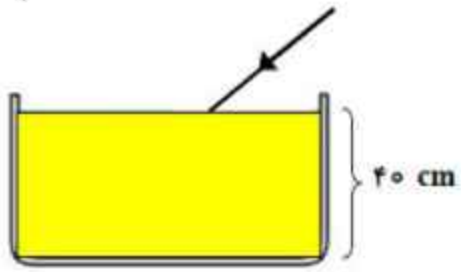
۱) ۴۵ ۲) ۲۱ ۳) ۵۵ ۴) ۳۵

۳۶) نور از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست $n_A = \frac{۳}{۲}$ می‌شود و $۲s$ طول می‌کشد تا در آن محیط مسافت x را بپیماید. اگر نور وارد محیط شفافی به ضریب شکست n_B شود و $۳s$ طول بکشد تا مسافت $۲x$ را بپیماید، n_B و مسافتی که نور در مدت $۴s$ در هوا برحسب x طی می‌کند، به‌ترتیب از راست به چپ، کدام است؟ $(n_{\text{هوا}} = ۱)$

۱) $\frac{۹}{۴}$ ، $\frac{۳x}{۲}$ ۲) $\frac{۹}{۸}$ ، $۳x$ ۳) $\frac{۹}{۴}$ ، $۳x$ ۴) $\frac{۹}{۸}$ ، $\frac{۳x}{۲}$

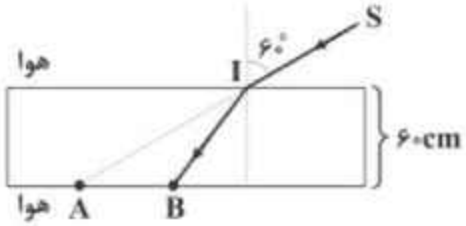
۳۷) در شکل مقابل، باریکهٔ نور سفیدی تحت زاویهٔ ۳۷° نسبت به سطح مایع، به آن تابیده می‌شود. اگر ضریب شکست مایع برای رنگ‌های قرمز و بنفش برابر $۰/۸\sqrt{۲}$ و $\frac{۴}{۳}$ باشد، این پرتو چه طولی از کف ظرف را روشن می‌کند؟

$$\left(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶, \sin ۴۵^\circ = \frac{\sqrt{۲}}{۲}, \sqrt{۲} \cong ۱/۴\right)$$



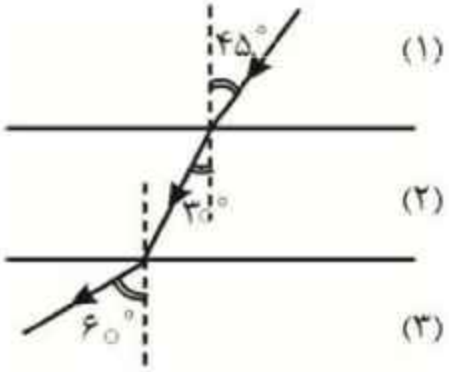
۱) ۱۰ ۲) ۱۲ ۳) ۱۵ ۴) ۳۰

۳۸) با توجه به شکل زیر، پرتو SI با زاویه‌ی تابش ۶۰° از هوا به یک تیغه‌ی شفاف به ضخامت $۶۰cm$ می‌تابد. فاصله‌ی AB چند سانتی‌متر است؟ $(\text{Sin}\,۳۷^\circ = ۰/۶, \text{Cos}\,۳۷^\circ = ۰/۸, n_{\text{هوا}} = ۱, n_{\text{تیغه}} = \frac{۵\sqrt{۳}}{۶})$



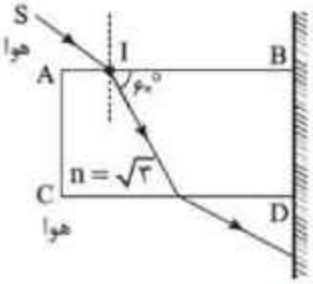
۱) $۶۰\sqrt{۳} - ۱۵$ ۲) $۳۰\sqrt{۳} - ۴۵$ ۳) $۶۰\sqrt{۳} - ۴۵$ ۴) $۳۰\sqrt{۳} - ۱۵$

۳۹) مطابق شکل مقابل، یک پرتوی نور از محیط ۱ وارد محیط ۲ و از محیط ۲ وارد محیط ۳ شده است. نسبت $\frac{V_۳}{V_۱}$ کدام است؟



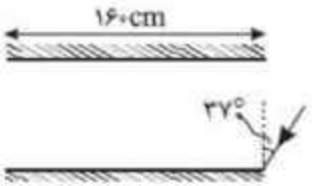
۱) $\sqrt{\frac{۳}{۲}}$ ۲) $\sqrt{\frac{۳}{۵}}$ ۳) $\sqrt{\frac{۲}{۳}}$ ۴) $\sqrt{\frac{۵}{۳}}$

۴۰) مطابق شکل، پرتو SI به وجه AB یک تیغهٔ تخت می‌تابد و پس از خروج از تیغه به آینهٔ تخت قائم برخورد می‌کند. پرتو بازتابش از آینهٔ تخت نسبت به پرتو SI چند درجه منحرف می‌شود؟



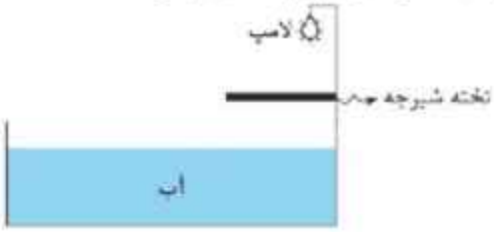
۱) ۶۰° ۲) ۱۲۰° ۳) ۱۵۰° ۴) ۹۰°

۴۱ مطابق شکل، دو آینهٔ تخت به طول ۱۶۰ سانتی‌متر به موازات هم قرار دارند. فاصلهٔ دو آینه از یک‌دیگر ۲۰ سانتی‌متر است. اگر پرتو نوری با زاویهٔ تابش ۳۷° به لبهٔ یکی از آینه‌ها بتابد، پیش از خارج شدن از فضای بین دو آینه چند بار بازتابیده می‌شود؟ $(\sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$



۱) ۱۰ ۲) ۱۱ ۳) ۱۲ ۴) ۱۳

۴۲ در شکل روبه‌رو درون استخر آب بوده و یک لامپ درست در بالای تخته‌ی شیرجه قرار دارد. اگر آب استخر به تدریج خالی شود، رفته رفته طول سایه‌ای که از تخته‌ی شیرجه در کف استخر ایجاد می‌شود، چگونه تغییر می‌کند؟



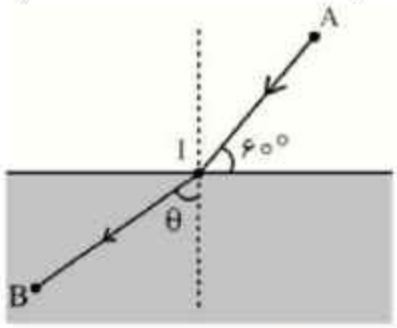
۱) کاهش می‌یابد.

۲) افزایش می‌یابد.

۳) ثابت می‌ماند.

۴) بسته به فاصله‌ی تخته از لامپ هر سه گزینه ممکن است.

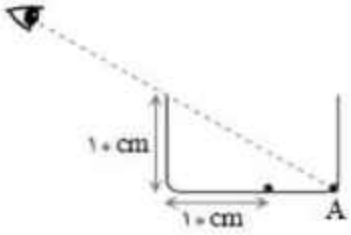
۴۳ در شکل مقابل پرتو نوری از نقطه A در محیطی به ضریب شکست $n_۱ = ۲$ به نقطه B در محیط دوم به ضریب شکست $n_۲$ می‌رسد. اگر $\overline{AI} = ۲/۴m$ و $\overline{IB} = ۳/۶m$ باشد، زمان رسیدن نور از A تا B چند نانوثانیه است؟ $\left(\sin\theta = \frac{۲}{۳}, c = ۳\times ۱۰^۸ \frac{m}{s}\right)$



۱) ۱۶ ۲) ۳۶ ۳) ۱۸ ۴) ۳۴

۴۴ داخل یک ظرف خالی را با زاویه ۳۰° 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 $\sqrt{\frac{۳}{۲}}$ و $\sqrt{۳} \simeq ۱/۷$)



۱) $۵\,cm$

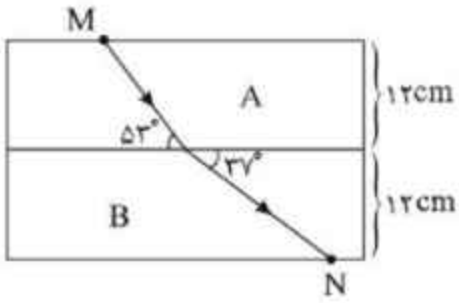
۲) $۸\,cm$

۳) ظرف باید از مایع پر شود.

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

۴۵ در شکل زیر پرتو نور تک‌رنگی از محیط A وارد محیط B می‌شود. اگر ضریب شکست محیط A، $\frac{۳}{۲}$ باشد، مدت زمانی که طول می‌کشد پرتو نور از نقطه‌ی M به نقطه‌ی N برسد چند ثانیه است؟

(سرعت نور در خلأ $= ۳\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$ و $\sin ۳۷^\circ = ۰/۶$)



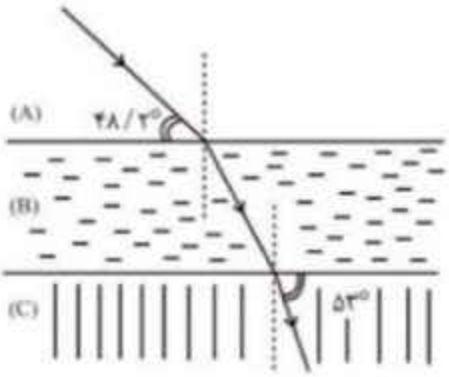
۱) $\frac{۲}{۳}\times ۱۰^{-۹}$

۲) $\frac{۳}{۲}\times ۱۰^{-۹}$

۳) $\frac{۴}{۳}\times ۱۰^{-۸}$

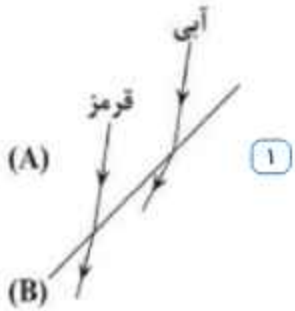
۴) $\frac{۴}{۳}\times ۱۰^{-۹}$

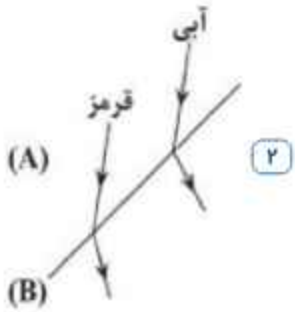
۴۶ مطابق شکل پرتو نوری از محیط شفاف A وارد محیط شفاف B و در ادامه وارد محیط شفاف C می‌شود. اگر تندی نور در محیط شفاف A، $۲\times۱۰^{۷}\frac{m}{s}$ با تندی نور در محیط C تفاوت داشته باشد، ضریب شکست نور در محیط A کدام است؟ $\left(\text{Cos}\,۴۸/۲^{\circ}=\frac{۲}{۳},\ \text{Sin}\,۳۷^{\circ}=۰/۶\right)$

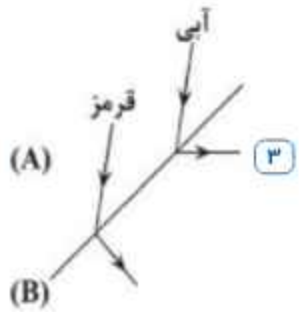


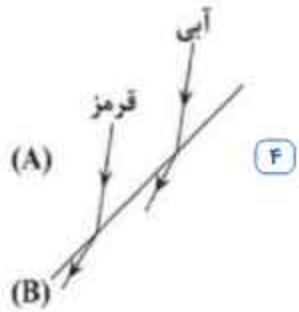
۱) ۳ ۲) $\frac{۵}{۲}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۵}{۳}$

۴۷ دو پرتوی موازی آبی و قرمز به‌طور مایل از شیشه (محیط A) به سطح جدای شیشه و هوا (محیط B) تابیده می‌شوند و وارد هوا می‌شوند. کدام گزینه نقش این دو پرتو را در ورود به هوا به درستی نشان می‌دهد؟

۱) 

۲) 

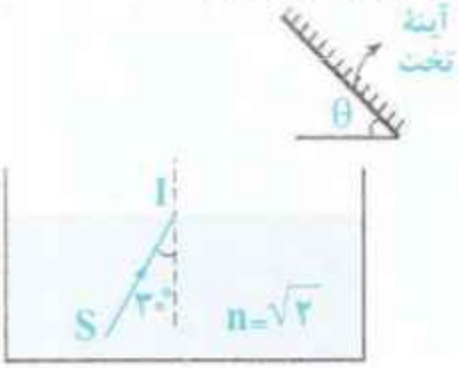
۳) 

۴) 

۴۸ باریکهٔ نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی از هوا و با زاویهٔ تابش ۶۰° بر سطح یک تیغهٔ شفاف می‌تابد. اگر ضریب شکست تیغه برای نور قرمز $\sqrt{\frac{۳}{۲}}$ و برای نور آبی $\sqrt{۳}$ باشد، زاویهٔ بین دو پرتوی شکست در محیط دوم چند درجه است؟ $(n_{\text{هوا}}=۱)$

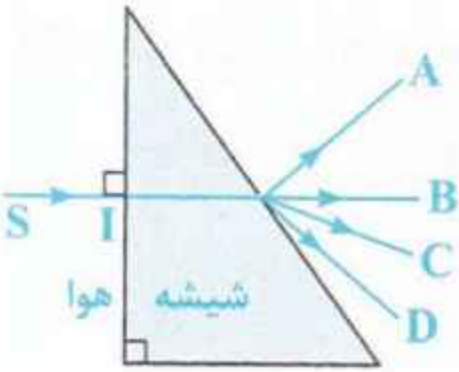
۱) ۲) ۳۰ ۳) ۱۵ ۴) ۶۰

۴۹ در شکل مقابل، زاویه‌ی θ چند درجه باشد تا پرتوی SI پس از وارد شدن به هوا، بر روی خودش بازگردد؟



۱) ۳۰ ۲) ۶۰ ۳) ۴۵ ۴) ۱۵

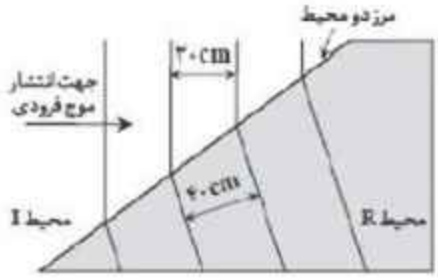
۵۰ در شکل روبه‌رو، پرتوی خروجی از منشور کدام است؟



۱) A ۲) B

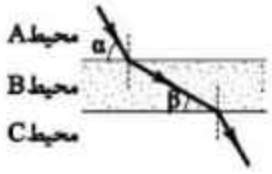
۳) C ۴) هریک از پرتوهای D و C ممکن است پاسخ باشد.

۵۱ شکل روبه‌رو جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده‌اند. با توجه به اعداد روی شکل، چنان‌چه تندی موج در محیط I، برابر $۱۲\frac{m}{s}$ باشد، تندی موج در محیط R چند متر بر ثانیه است؟



۱) ۹ ۲) ۱۲ ۳) ۱۶ ۴) ۱۸

۵۲ پرتوی تک رنگی مطابق شکل از محیط A وارد محیط B و سپس وارد محیط C می‌شود.



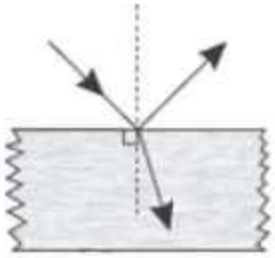
سرعت نور در محیط A چند برابر محیط B است؟

۱) $\frac{\text{Cos}\,\alpha}{\text{Cos}\,\beta}$ ۲) $\frac{\text{Sin}\,\alpha}{\text{Sin}\,\beta}$ ۳) $\frac{\text{Cos}\,\beta}{\text{Cos}\,\alpha}$ ۴) $\frac{\text{Sin}\,\beta}{\text{Sin}\,\alpha}$

۵۳ با افزایش دمای محیط از θ_1 به θ_2 نسبت‌های $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ و $\frac{n_2}{n_1}$ از راست به چپ چگونه تغییر می‌کنند؟ (ρ چگالی و n ضریب شکست است.)

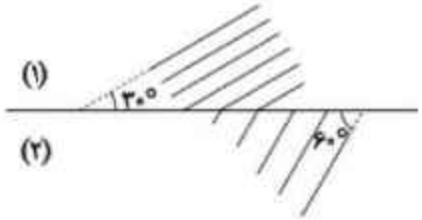
۱) $\frac{\rho_2}{\rho_1} > 1$ و $\frac{n_2}{n_1} > 1$ ۲) $\frac{\rho_2}{\rho_1} < 1$ و $\frac{n_2}{n_1} > 1$ ۳) $\frac{\rho_2}{\rho_1} < 1$ و $\frac{n_2}{n_1} < 1$ ۴) $\frac{\rho_2}{\rho_1} > 1$ و $\frac{n_2}{n_1} < 1$

۵۴ مطابق شکل زیر، پرتوی نور تکفام مطابق شکل از هوا به سطح شفافی تابیده است. اگر زاویه‌ی انحراف 15° و زاویه‌ی بین پرتوهای بازتاب و شکست 105° باشد، ضریب شکست این ماده‌ی شفاف چه مقدار است؟



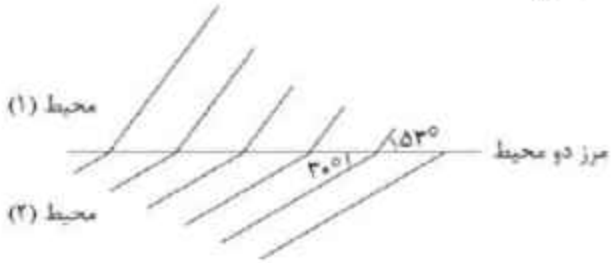
۱) $\sqrt{2}$ ۲) $\frac{3}{2}$ ۳) $\sqrt{3}$ ۴) ۲

۵۵ مطابق شکل مقابل، جبهه‌های موجی از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شوند. تندی موج در محیط (۱) چند برابر تندی موج در محیط (۲) می‌باشد؟



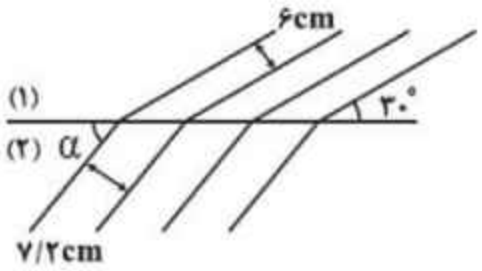
۱) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ۲) $\sqrt{3}$ ۳) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ۴) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

۵۶ در شکل روبه‌رو جبهه‌های موج نور مرئی عبوری از محیط (۱) به محیط (۲) رسم شده است. یکی از این دو محیط هوا است. ضریب شکست محیط شفاف چقدر است؟ ($\sin 53^\circ = 0/8$)



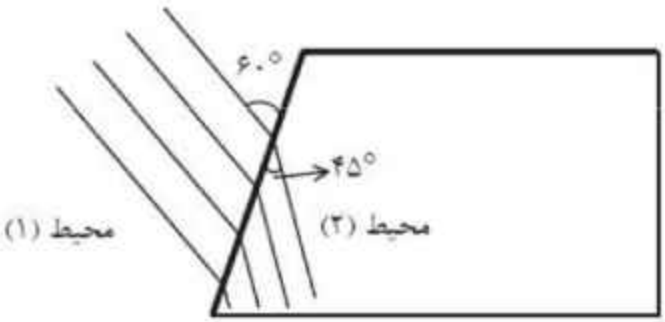
۱) $\frac{5}{8}$ ۲) $\frac{6}{5}$ ۳) ۱/۶ ۴) ۲

۵۷ شکل زیر، جبهه‌های موج الکترومغناطیسی تختی را نشان می‌دهد که از مرز دو محیط عبور کرده‌اند. زاویه‌ی α چند درجه است؟ $(\sin ۵۳^\circ = ۰/۸)$



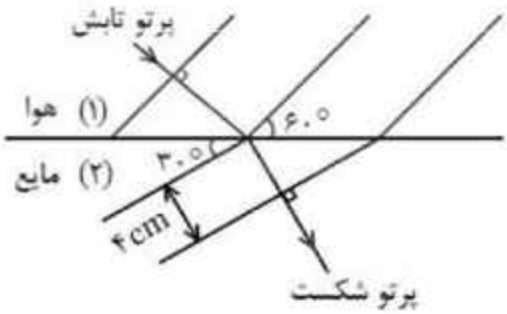
۱) ۳۰ ۲) ۳۷ ۳) ۵۳ ۴) ۶۰

۵۸ شکل زیر جبهه‌ای موجی را نشان می‌دهد که بر مرز محیط (۱) و محیط (۲) فرود می‌آیند. تندی انتشار موج در محیط (۲) چند برابر محیط (۱) است؟



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

۵۹ مطابق شکل، پرتو نوری از محیط (۱) هوا وارد محیط (۲) می‌شود، در این‌صورت طول موج نور محیط اول و ضریب شکست محیط دوم به‌ترتیب کدام است؟



۱) $n_۲ = \sqrt{۳}, \lambda_۱ = \frac{۴\sqrt{۳}}{۳}\text{cm}$ ۲) $n_۲ = \sqrt{۳}, \lambda_۱ = ۴\sqrt{۳}\text{ cm}$ ۳) $n_۲ = \frac{\sqrt{۳}}{۳}, \lambda_۱ = ۳\sqrt{۳}\text{ cm}$

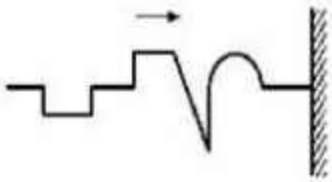
۴) $n_۲ = \frac{\sqrt{۳}}{۳}, \lambda_۱ = \frac{۴\sqrt{۳}}{۳}\text{cm}$

۶۰ چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

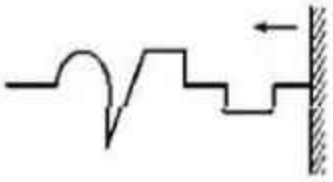
- ضریب شکست هر محیطی برای نورهای مختلف به طول‌موج نور بستگی دارد.
- ضریب شکست یک محیط معین شفاف مثلث شیشه برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیش‌تر است.
- ضریب شکست منشور برای نور سبز بیش‌تر از ضریب شکست منشور برای نور آبی است.
- در داخل منشور، تندی نو بنفش بیش‌تر از تندی نور قرمز است.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. موج تابش (فرودی) را نسبت به هر دو محور عمودی (راستای دیوار) و افقی (راستای طناب) قرینه می‌کنیم:



۱) شکل قرینه نسبت به محور عمودی



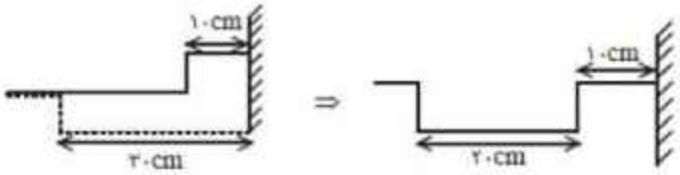
۲) قرینه‌ی شکل مرحله‌ی (۱) نسبت به محور افقی

با توجه به شکل نهایی، گزینه‌ی (۲) پاسخ درست است.

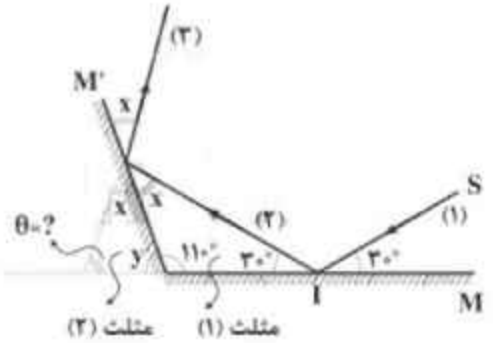
۲ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. چون انتهای طناب محکم به دیوار بسته شده است، پس بازتاب برای قلهٔ تپ عرضی به صورت دره خواهد بود. برای آن‌که طناب به صورت افقی درآید. باید موج فرودی و موج بازتابی اثر هم را به طور کامل خنثی کنند و این در حالتی رخ می‌دهد که پیشروی موج برابر با $۶ + \frac{۸}{۲} = ۱۰\,\text{cm}$ باشد. داریم:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow ۲ = \frac{۱۰}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = ۵s$$

۳ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در $t = ۵\text{s}$، تپ به اندازهٔ $۵۰\,\text{cm}$ حرکت می‌کند، پس $۳۰\,\text{cm}$ از تپ بازتاب شده و ۱۰cm آن به انتهای تار می‌رسد.



۴ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ابتدا مسیر حرکت پرتوی نور پس از برخورد به آینه‌ها و بازتاب آن را رسم می‌کنیم.



در مثلث (۱) داریم:

$$x + ۱۱۰^\circ + ۳۰^\circ = ۱۸۰^\circ \Rightarrow x = ۱۸۰^\circ - ۱۴۰^\circ \Rightarrow x = ۴۰^\circ$$

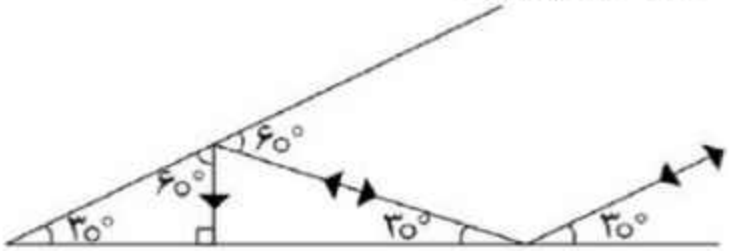
بنابراین زاویه‌ی y برابر است با:

$$۱۱۰^\circ + y = ۱۸۰^\circ \Rightarrow y = ۷۰^\circ$$

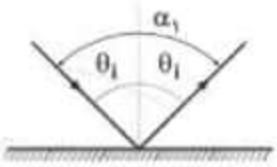
در مثلث (۲) داریم:

$$x + y + \theta = ۱۸۰^\circ \xrightarrow[y=۷۰^\circ]{x=۴۰^\circ} ۴۰ + ۷۰ + \theta = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \theta = ۱۸۰^\circ - ۱۱۰^\circ \Rightarrow \theta = ۷۰^\circ$$

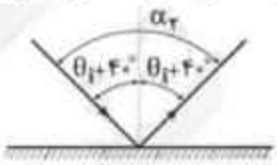
۵ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. پرتو به آینه ۱ به طور عمود برخورد کرده و لذا بر روی خودش باز خواهد گشت و این یعنی با ۱۸۰ درجه دوران بازمی‌گردد.



۶ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با توجه به قانون بازتاب عمومی که زاویه‌ی تابش و بازتابش همواره با هم برابر است، شکل زیر را خواهیم داشت:



پله دوم: با اعمال شرایط سؤال داریم:



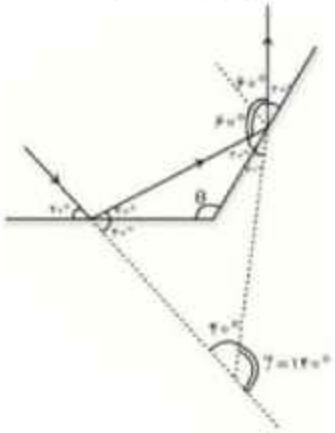
$$\widehat{\alpha}_۲ = ۵\widehat{\alpha}_۱ \xrightarrow[\widehat{\alpha}_۱=۲\theta_i]{\widehat{\alpha}_۱=\theta_i+\theta_i=۲\theta_i} ۲\theta_i + ۸۰^\circ = ۵(۲\theta_i)$$

$$\Rightarrow ۱۰\theta_i - ۲\theta_i = ۸۰^\circ \Rightarrow ۸\theta_i = ۸۰^\circ \Rightarrow \theta_i = \frac{۸۰^\circ}{۸} = ۱۰^\circ$$

۷ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. نکته: اگر زاویه‌ی بین دو آینه‌ی متقاطع، زاویه‌ی حاده‌ی β باشد، زاویه‌ی بین پرتوی تابش به آینه‌ی اول و بازتابش از آینه‌ی دوم (پس از تنها یک‌بار بازتابش)، برابر ۲β خواهد بود.

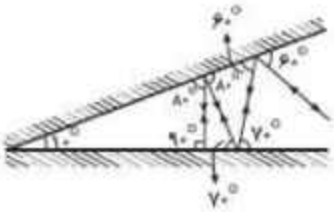
با توجه به نکته‌ی فوق درمی‌یابیم، زاویه‌ی در شکل ۱۴۰°، مستقل از زاویه‌ی تابش به آینه‌ی (α) بوده و تحت هر مقداری از α ، زاویه‌ی بین دو پرتو ۱۴۰° است. پس دانستن زاویه‌ی ۱۴۰°، برای محاسبه‌ی α کافی نیست.

۸ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. به کمک هندسه مقدماتی و با توجه به قوانین بازتاب داریم:

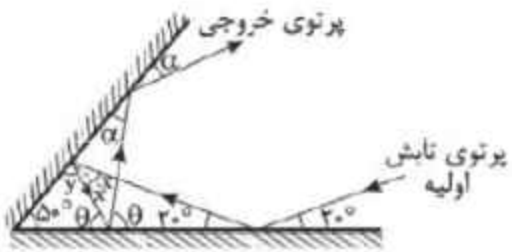


۹ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

وقتی مسیر پرتوهای نور را رسم می‌کنیم ملاحظه می‌شود پرتو بازتاب نهایی بر روی پرتو تابش اولیه برمی‌گردد، پس زاویهٔ بین پرتو تابش اولیه و بازتاب نهایی ۱۸۰° می‌باشد.



۱۰ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.



$$۲۰^\circ + ۲x + y + ۵۰^\circ = ۱۸۰^\circ$$

$$\begin{cases} ۲x + y = ۱۱۰^\circ \\ x + y = ۹۰^\circ \end{cases} \Rightarrow x = ۲۰^\circ \ , \ y = ۷۰^\circ$$

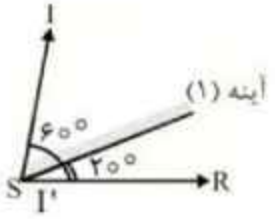
$$۵۰ + y + \theta = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \theta = ۶۰^\circ$$

$$\theta = ۵۰ + \alpha \ (\text{زاویه‌ی خارجی})$$

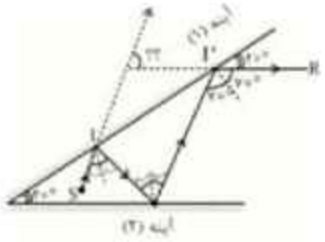
$$\alpha = ۱۰$$

۱۱ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

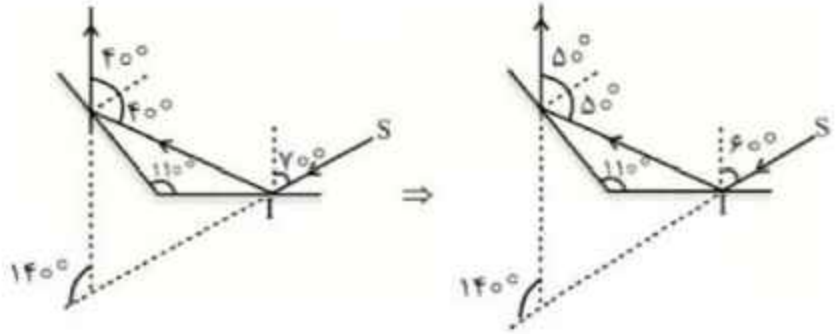
به کمک هندسه مقدماتی و با توجه به برابری زاویه‌های تابش و بازتابش در هر بازتاب، پرتو نهایی از سطح آینه (۱) بازتاب و از فضای بین دو آینه خارج می‌شود. با کمی دقت متوجه می‌شویم که پرتو نهایی $(I'R)$ موازی با آینه (۲) است.



با توجه به شکل مقابل، پاسخ سؤال 80° است.

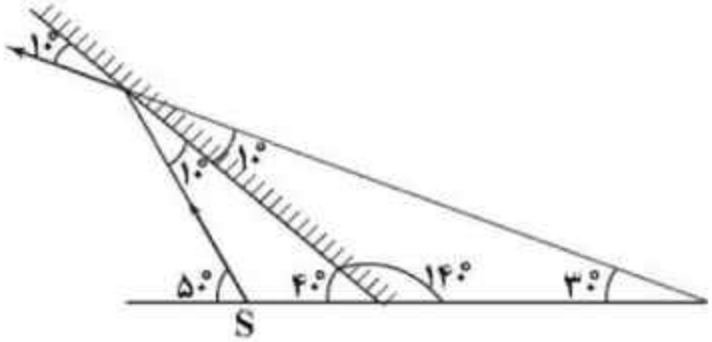


۱۲ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



۱۳ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

شکل مقابل نشان می‌دهد که زاویه‌ی بین پرتو SI و سطح آینه‌ی تخت برابر ۱۰ درجه است. بنابراین زاویه‌ی بین پرتو بازتاب و آینه نیز ۱۰ درجه است. بنابراین زاویه‌ی بین امتداد پرتو بازتاب و سطح افقی برابر با ۳۰ درجه است.

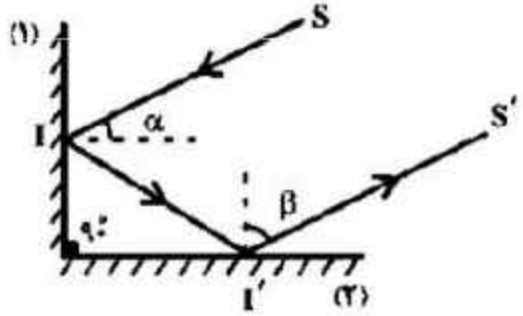


۱۴ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. در این حالت خاص، که آینه‌های تخت بر یک‌دیگر عمود هستند، داریم:

$$\begin{cases} \alpha + \beta = ۹۰^\circ \quad (۱) \\ (۲)\ \text{همواره پرتوهای SI و } I'S' \text{ موازیند} \end{cases}$$

حال با توجه به رابطه‌ی ۱ می‌توان دریافت که

$$۴۵^\circ \le \beta = ۹۰^\circ - \alpha \le ۶۰^\circ$$



۱۵ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. زاویه‌های تابش در آینه ۱ و ۲ به‌ترتیب ۷۰° و ۷۵° است. به کمک هندسه ساده می‌توان دریافت که زاویه θ برابر ۱۴۵° است. در دو آینه تخت متقاطع با زاویه منفرجه، همواره زاویه میان پرتو بازتاب از آینه دوم با پرتو تابش به آینه اول، دو برابر زاویه حاده میان دو آینه است. پس پاسخ سؤال $۲ \times ۳۵ = ۷۰^\circ$ است.

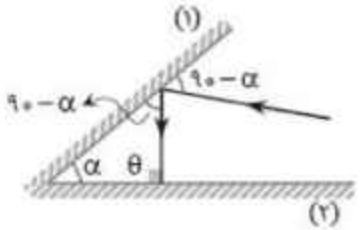
۱۶ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. از آن‌جا که جبهه‌های موج تابشی و بازتابشی در یک محیط در حال انتشار هستند، فاصله جبهه‌های موج تابشی و بازتابشی یکسان است. با رسم جبهه‌های موج تابشی و بازتابشی می‌توان دریافت که زاویه میان جبهه‌های موج تابشی و بازتابشی برابر با $۱۸۰^\circ - ۲\theta$ است که در آن θ، زوایه تابش است. توجه داشته باشیم که زاویه تابش و بازتابش با زاویه جبهه‌های موج با سطح آینه یکسان است:

$$۱۸۰^\circ - ۲\theta = ۱۲۰ \Rightarrow \theta = ۳۰^\circ \Rightarrow \alpha = ۹۰^\circ - ۳۰^\circ = ۶۰^\circ$$

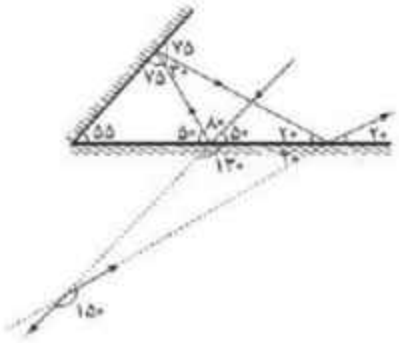
۱۷ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. زاویه‌ی تابش به آینه ۲ چند درجه است؟

$$\theta = ۱۸۰^\circ - (۹۰^\circ - \alpha + \alpha) = ۹۰^\circ$$

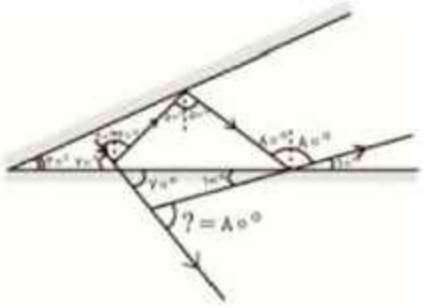
پرتو به طور عمود بر آینه‌ی ۲ برخورد کرده و روی خودش بازتاب می‌شود. بنابراین زاویه‌ی انحراف ۱۸۰° است.



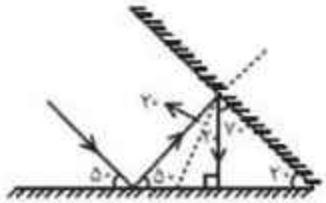
۱۸ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. ۱۵۰ درجه



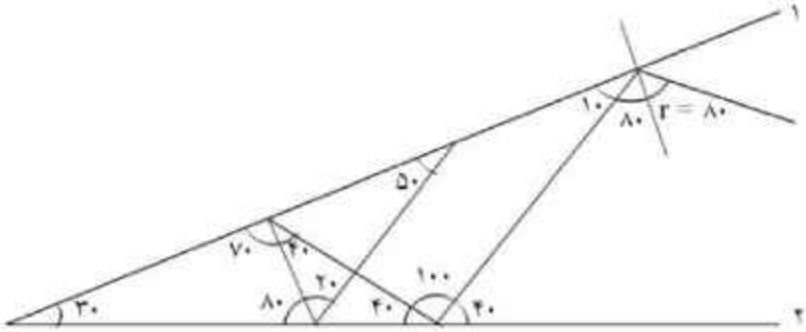
۱۹ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. به کمک هندسه مقدماتی و با رسم پرتوها خواهیم داشت:



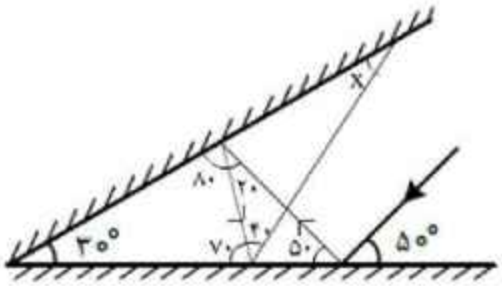
۲۰ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. با توجه به مسیر پرتوهای نور با توجه به قانون بازتابشی کلی شکل زیر داریم:



۲۱ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.



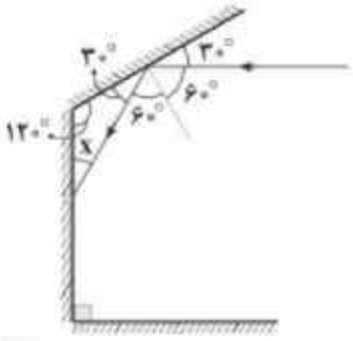
۲۲ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$x = ۱۸۰ - (۳۰ + ۷۰ + ۴۰) = ۴۰^\circ$$

۲۳ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. مسیر حرکت پرتو را به صورت گام‌به‌گام به دست می‌آوریم:

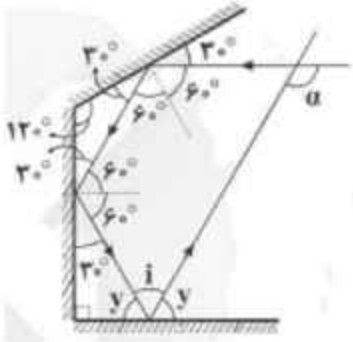
گام اول: ابتدا زاویه‌ای که پرتوی تابش به آینه‌ی قائم با این آینه می‌سازد را به دست می‌آوریم.



در مثلث رسم شده : $۳۰^\circ + ۱۲۰^\circ + \widehat{x} = ۱۸۰^\circ$

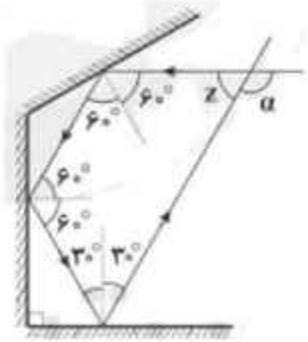
$$\Rightarrow \widehat{x} = ۳۰^\circ$$

گام دوم: ادامه‌ی مسیر پرتو را رسم می‌کنیم و زاویه‌ی پرتوی تابش به آینه ی تخت افقی را به دست می‌آوریم:



در مثلث قائم الزاویه : $۳۰^\circ + ۹۰^\circ + \hat{y} = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \hat{y} = ۶۰^\circ$

گام سوم: با توجه به این‌که مجموع زوایای داخلی چهارضلعی ۳۶۰° است، زاویه‌ی z برابر است با:



$$\hat{z} + (۶۰^\circ + ۶۰^\circ) + (۶۰^\circ + ۶۰^\circ) + (۳۰^\circ + ۳۰^\circ) = ۳۶۰^\circ \Rightarrow \hat{z} = ۶۰^\circ$$

زاویه‌ی انحراف معادل α بوده و برابر است با: $\widehat{\alpha} = ۱۸۰^\circ - ۶۰^\circ = ۱۲۰^\circ$

۲۴ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. پرتوهای تابیده و بازتابیده بر جبهه‌های موج تخت تابیده و بازتابیده عمود هستند. از طرفی زاویهٔ تابش و زاویه بازتابش همواره با هم برابر است. با توجه به این که مجموع زوایای داخلی هر چهارضعی برابر با ۳۶۰° است، داریم:

$$۱۸۰^\circ - ۲\hat{\alpha} + \hat{\theta} + ۹۰^\circ + ۹۰^\circ = ۳۶۰^\circ \Rightarrow \hat{\theta} = ۲\hat{\alpha}$$

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

$$\left.\begin{array}{l} ۴\lambda_A = ۴x \Rightarrow \lambda_A = x \\ ۲\lambda_B = x \Rightarrow \lambda_B = \frac{x}{۲} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{\lambda_A}{\lambda_B} = ۲$$

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

$$\lambda_A - \lambda_B = ۴\times۱۰^{-۲} \xrightarrow{\lambda_A = ۲\lambda_B} ۲\lambda_B - \lambda_B = ۴\times۱۰^{-۲} \Rightarrow \lambda_B = ۰/۰۴m$$

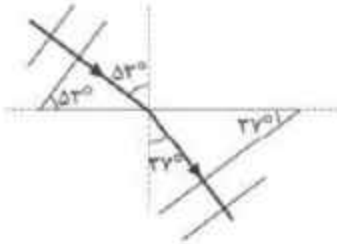
$$\lambda_A = ۰/۰۸m$$

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

$$v_A = \lambda_A f = ۰/۰۸\times۲۰ = ۱/۶\,\frac{m}{s}$$

۲۶ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

با توجه به شکل، زاویهٔ تابش ۵۳ درجه و زاویهٔ شکست ۳۷ درجه است.



$$\frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\mathrm{Sin}\,\theta_۲}{\mathrm{Sin}\,\theta_۱} \Rightarrow \frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{\mathrm{Sin}\,\theta_۲}{\mathrm{Sin}\,\theta_۱} = \frac{\mathrm{Sin}\,۳۷}{\mathrm{Sin}\,۵۳} = \frac{۳}{۴}$$

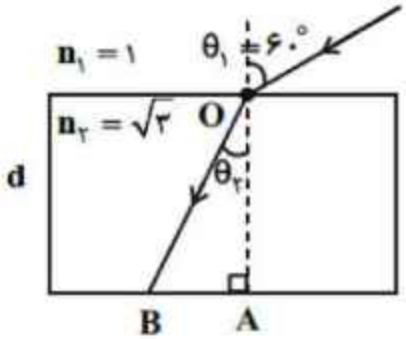
۲۷ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

۲۸ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

$$V_۱ = \lambda_۱ f_۱ = ۰/۴\times۲۲ = ۸/۸\,\frac{m}{s}$$

$$\frac{V_۲}{V_۱} = \frac{\mathrm{Sin}\,\theta_۲}{\mathrm{Sin}\,\theta_۱} \to \frac{V_۲}{V_۱} = \frac{\mathrm{Sin}\,۳۰^\circ}{\mathrm{Sin}\,۵۳^\circ} \to \frac{V_۲}{۸/۸} = \frac{۰/۵}{۰/۸} \to V_۲ = ۵/۵\,\frac{m}{s}$$

۲۹ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. به کمک قانون شکست اسنل، زاویهٔ شکست را محاسبه و سپس تندی انتشار نور در تیغه را محاسبه می‌کنیم.



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

تندی انتشار نور در تیغه برابر است با:

$$n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{3\times10^8}{v_2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{3}\times10^8 \frac{m}{s}$$

میزان جابه‌جایی نور در تیغه (OB) برابر است با:

$$\overline{OB} = v_2\Delta t = \sqrt{3}\times10^8 \times 5\times10^{-9} \Rightarrow \overline{OB} = 5\sqrt{3}\times10^{-1}\, m$$

در مثلث $\overset{\triangle}{OAB}$ داریم:

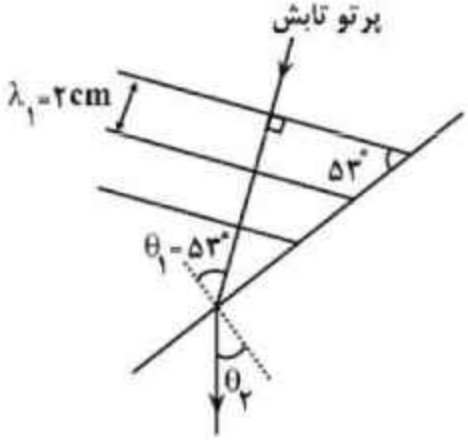
$$\cos 30^\circ = \frac{\overline{OA}}{\overline{OB}} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{d}{5\sqrt{3}\times10^{-1}} \Rightarrow d = 0/75m = 75\,cm$$

بنابراین ضخامت تیغه برابر با $75\,cm$ می‌باشد.

۳۰ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. می‌دانیم که چون دو زاویهٔ غیر روبه‌رو هم با اضلاع عمود بر هم با هم برابرند، زاویهٔ بین جبهه‌های موج تابشی و مرز جدایی دو محیط برابر زاویهٔ تابش (θ_1) است.

از طرف دیگر، چون تندی موج در محیط (۱) ۶۰ درصد بیشتر از تندی موج در محیط (۲) است،

$v_1 = v_2 + 0/6v_2 = \frac{8}{5}v_2$ می‌باشد. بنابراین طبق قانون شکست عمومی داریم:



$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \xrightarrow[\theta_1 = 53^\circ]{\frac{v_1}{v_2} = \frac{8}{5}} \frac{\sin 53}{\sin\theta_2} = \frac{8}{5}$$
$$\xrightarrow{\sin 53 = 0/8} \frac{0/8}{\sin\theta_2} = \frac{8}{5}$$
$$\Rightarrow \sin\theta_2 = 0/5 \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

با توجه به این‌که در عبور موج از یک محیط به محیط دیگر، بسامد موج ثابت می‌ماند، داریم:

$$v = \lambda f \xrightarrow{f=\text{ثابت}} \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \xrightarrow{\lambda_1 = 2\,cm} \frac{8}{5} = \frac{2}{\lambda_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{10}{8} = 1/25\,cm$$

دقت کنید، فاصلهٔ دو جبههٔ موج متوالی برابر یک طول موج (λ) است. در این‌جا، طول موج در محیط ۱ برابر $\lambda_1 = 2\,cm$ است.

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

$$\frac{v_۲}{v_۱}=\frac{\text{Sin}\,\theta_۲}{\text{Sin}\,\theta_۱}\xrightarrow[\theta_۱=۵۳^\circ]{\theta_۲=۴۵^\circ}\frac{v_۲}{v_۱}=\frac{\text{Sin}\,۴۵^\circ}{\text{Sin}\,۵۳^\circ}\xrightarrow[\text{Sin}\,۵۳^\circ=۰/۸]{\text{Sin}\,۴۵^\circ=۰/۷}\frac{v_۲}{v_۱}=\frac{۰/۷}{۰/۸}=\frac{۷}{۸}\ (۱)$$

از سوی دیگر، طبق توضیحات صورت سؤال، داریم:

$$v_۲=v_۱-\frac{۲۵}{۱۰۰}v_۱=\frac{۷۵}{۱۰۰}v_۱=\frac{۳}{۴}v_۱\Rightarrow v_۱=\frac{۴}{۳}v_۲\ (۲)$$

$$v_۴=v_۳+\frac{۴۰}{۱۰۰}v_۳=\frac{۱۴۰}{۱۰۰}v_۳=\frac{۷}{۵}v_۳\Rightarrow v_۴=\frac{۷}{۵}v_۳(۳)$$

با ترکیب روابط ۱، ۲ و ۳ داریم:

$$\frac{v_۴}{v_۱}=\frac{۷}{۸}\xrightarrow[۲]{}\frac{\frac{۷}{۵}v_۳}{\frac{۴}{۳}v_۳}=\frac{۷}{۸}\Rightarrow\frac{v_۳}{v_۲}=\frac{۷}{۸}\times\frac{۴}{۳}\times\frac{۵}{۷}=\frac{۵}{۶}\ (۴)$$

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

$$n=\frac{c}{v}\xrightarrow[\text{رابطه مقایسه ای}]{c\ \text{ثابت}}\frac{n_۲}{n_۳}=\frac{v_۳}{v_۲}\xrightarrow{(۴)}\frac{n_۲}{n_۳}=\frac{۵}{۶}$$

۳۲ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ابتدا با توجه به شکل مقابل و به کمک قانون شکست اسنل، زاویهٔ شکست $(\hat{r})$ پرتو نور هنگام ورود به محیط شفاف را به دست می‌آوریم:

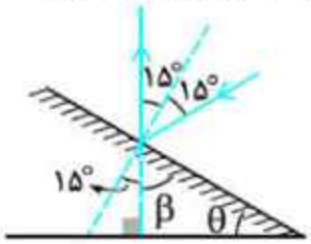
$$n_۱\,\text{Sin}\,\hat{i}=n_۲\,\text{Sin}\,\hat{r}\xrightarrow[n_۱=n_{\text{هوا}}=۱,n_۲=\sqrt{۲}]{\hat{i}=۴۵^\circ}$$

$$۱\times\text{Sin}\,۴۵^\circ=\sqrt{۲}\times\text{Sin}\,\hat{r}\xrightarrow{\text{Sin}\,۴۵^\circ=\frac{\sqrt{۲}}{۲}}$$

$$۱\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}=\sqrt{۲}\times\text{Sin}\,\hat{r}\Rightarrow\text{Sin}\,\hat{r}=\frac{۱}{۲}\Rightarrow\hat{r}=۳۰^\circ$$

ضمناً با توجه به قضیهٔ خطوط موازی و مورب، زاویهٔ $\widehat{\alpha}$ برابر با زاویهٔ $\hat{r}$ است. $\widehat{\alpha}=\hat{r}=۳۰^\circ$

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

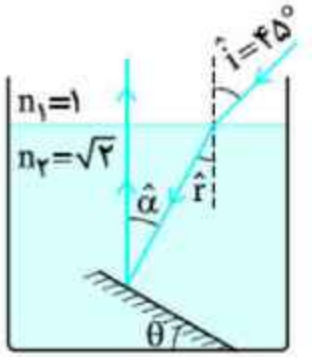


$$\text{زاویه تابش}=\text{زاویه بازتابش}=\frac{۳۰^\circ}{۲}=۱۵^\circ$$

$$\widehat{\beta}=۹۰^\circ-۱۵^\circ=۷۵^\circ$$

و در نتیجه، با توجه به این‌که مجموع زوایای داخلی یک مثلث برابر با ۱۸۰° است، داریم:

$$\widehat{\beta}+۹۰^\circ+\hat{\theta}=۱۸۰^\circ\xrightarrow{\widehat{\beta}=۷۵^\circ}۷۵^\circ+۹۰^\circ+\hat{\theta}=۱۸۰^\circ\Rightarrow\hat{\theta}=۱۵^\circ$$



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

$$n_۱ \operatorname{Sin}\theta_۱ = n_۲ \operatorname{Sin}\theta_۲ \Rightarrow ۱ \times \operatorname{Sin} ۵۳ = \frac{۴}{۳} \times \operatorname{Sin}\theta_۲$$

$$\xrightarrow{\operatorname{Sin} ۵۳ = ۰/۸} \frac{۸}{۱۰} = \frac{۴}{۳} \times \operatorname{Sin}\theta_۲$$

$$\Rightarrow \operatorname{Sin}\theta_۲ = ۰/۶ \Rightarrow \theta_۲ = ۳۷^\circ$$

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

$$\operatorname{tg}\theta_۲ = \frac{CA}{IC} \xrightarrow{\theta_۲ = ۳۷^\circ} \operatorname{tg} ۳۷^\circ = \frac{CA}{IC} \xrightarrow[IC=h]{\operatorname{tg} ۳۷^\circ = \frac{۳}{۴}} \frac{۳}{۴}$$

$$\frac{۳}{۴} = \frac{CA}{h} \Rightarrow CA = \frac{۳}{۴}h$$

$$CB = CA + AB \xrightarrow{AB = ۷\,cm} CB = \frac{۳}{۴}h + ۷$$

در مثلث ICB داریم:

$$\operatorname{tg} ۵۳^\circ = \frac{CB}{h} \xrightarrow{\operatorname{tg} ۵۳^\circ = \frac{۴}{۳}} \frac{۴}{۳} = \frac{\frac{۳}{۴}h + ۷}{h} \Rightarrow \frac{۴}{۳}h - \frac{۳}{۴}h = ۷ \Rightarrow \frac{۱۶h - ۹h}{۱۲} = ۷$$

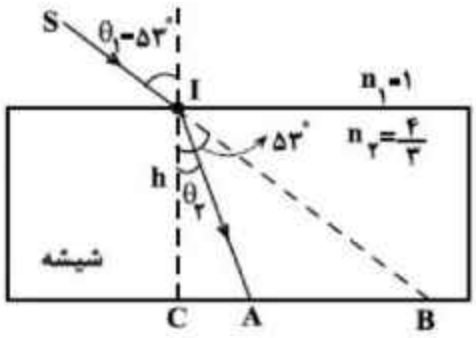
$$\frac{۷h}{۱۲} = ۷ \Rightarrow h = ۱۲\,cm$$

$$\operatorname{Cos} ۳۷ = \frac{h}{IA} \xrightarrow{\operatorname{Cos} ۳۷ = ۰/۸} \frac{۸}{۱۰} = \frac{۱۲}{IA} \Rightarrow IA = ۱۵cm = ۰/۱۵m$$

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

$$v = \frac{c}{n} \xrightarrow[n=\frac{۴}{۳}]{c = ۳\times ۱۰^۸ \frac{m}{s}} v = \frac{۳\times ۱۰^۸}{\frac{۴}{۳}} = \frac{۹}{۴} \times ۱۰^۸ \frac{m}{s}$$

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{۰/۱۵}{\frac{۹}{۴}\times ۱۰^۸} \Rightarrow \Delta t = \frac{۶}{۹} \times ۱۰^{-۹}\,s \xrightarrow{۱۰^{-۱}s = ۱\,ns} \Delta t = \frac{۲}{۳}ns$$



۳۴ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. می‌دانیم زاویهٔ تند بین جبهه‌های موج فرودی و مرز بین دو محیط برابر زاویهٔ تابش (θ_1) و زاویهٔ تند بین جبهه‌های موج شکست یافته و مرز دو محیط ، برابر زاویهٔ شکست (θ_2) است. بنابراین، ابتدا زاویه‌های θ_1 و θ_2 را برحسب θ می‌یابیم. با توجه به شکل داریم:

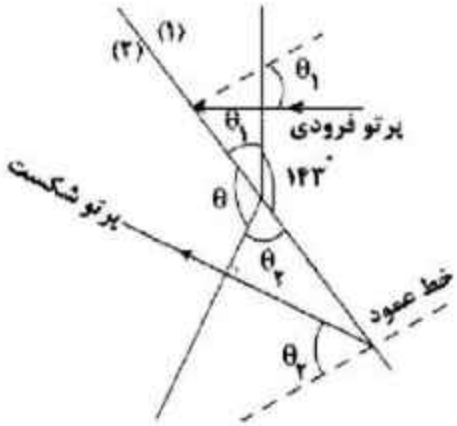
$$\theta_1 = 180 - 143 = 37^\circ$$

$$\theta_2 = 180 - \theta$$

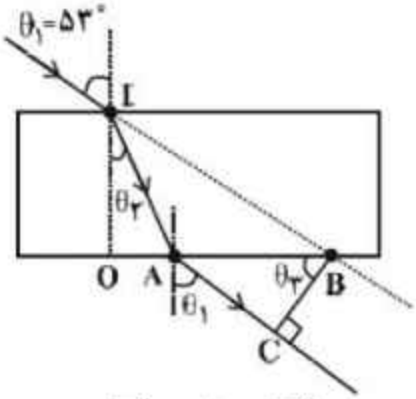
از طرف دیگر، چون فاصله بین دو جبههٔ موج در محیط دوم (λ_2) بیشتر از فاصلهٔ بین دو جبههٔ موج در محیط اول (λ_1) است، $\lambda_2 > \lambda_1$ می‌باشد، در نتیجه بنا به رابطهٔ $\lambda = \frac{v}{f}$ و با توجه به این‌که f ثابت است، باید $v_2 > v_1$ باشد و طبق رابطهٔ $\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$، الزاماً $\frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{3}$ خواهد بود. بنابراین با استفاده از قانون شکست اسنل داریم:

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{\sin(180-\theta)}{\sin 37^\circ} = \frac{4}{3} \xrightarrow{\sin 37^\circ = 0/6} \frac{\sin(180-\theta)}{0/6} = \frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow \sin(180-\theta) = 0/8 \xrightarrow{\sin 53^\circ = 0/8} 180 - \theta = 53 \Rightarrow \theta = 127^\circ$$



۳۵ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. به کمک قانون شکست نور، زاویهٔ θ_2 را به دست می‌آوریم.



$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$\Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = \frac{4}{3}\sin\theta_2 \Rightarrow \sin\theta_2 = 0/6$$

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

در مثلث $\overset{\triangle}{OAI}$ داریم:

$$\tan\theta_2 = \frac{\overline{OA}}{OI} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{\overline{OA}}{60} \Rightarrow \overline{OA} = 45\,\text{cm}$$

در مثلث $\overset{\triangle}{OBI}$ داریم:

$$\tan\theta_1 = \frac{\overline{OB}}{OI} \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{\overline{OB}}{60} \Rightarrow \overline{OB} = 80\,\text{cm} \Rightarrow AB = 80 - 45 = 35\,\text{cm}$$

زاویه $\theta_2 = \theta_1$ است، بنابراین در مثلث $\overset{\triangle}{ABC}$ داریم:

$$\cos\theta_2 = \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} \Rightarrow \cos 53^\circ = \frac{\overline{BC}}{35} \Rightarrow \overline{BC} = 35 \times 0/6 = 21\,\text{cm}$$

۳۶ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. طبق رابطهٔ تندی نور داریم:

$$n=\frac{c}{v}\Rightarrow n_Av_A=n_Bv_B\xrightarrow{v=\frac{\Delta x}{\Delta t}}n_A\frac{x_A}{t_A}=n_B\frac{x_B}{t_B}$$
$$\Rightarrow\frac{۳}{۲}\times\frac{x}{۲}=n_B\times\frac{۲x}{۳}\Rightarrow n_B=\frac{۹}{۸}$$

برای خواستهٔ دوم مسأله داریم:

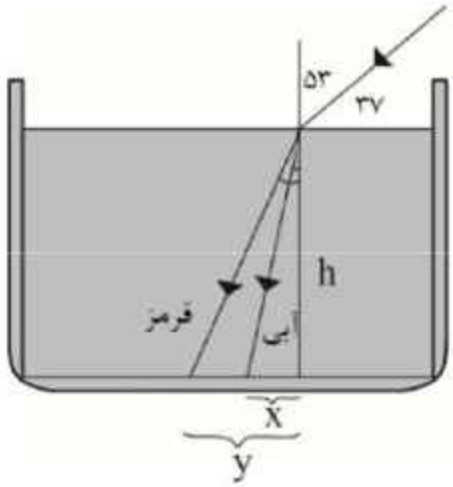
$$n_A\frac{x_A}{t_A}=n_{\text{هوا}}\frac{x_{\text{هوا}}}{t_{\text{هوا}}}\Rightarrow\frac{۳}{۲}\times\frac{x}{۲}=۱\times\frac{x_{\text{هوا}}}{۴}\Rightarrow x_{\text{هوا}}=۳x$$

۳۷ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. زاویهٔ شکست برای هر رنگ جداگانه محاسبه می‌شود. توجه کنید زاویه تابش با خط عمود سنجیده شده و ۵۳ درجه است.

$$۱\times\text{Sin}\,۵۳=۰/۸\sqrt{۲}\times\text{Sin}\,r\Rightarrow\text{قرمز}\ r=۴۵^\circ$$

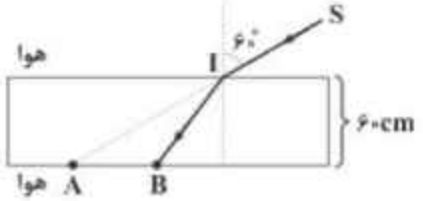
$$۱\times\text{Sin}\,۵۳=\frac{۴}{۳}\times\text{Sin}\,r\Rightarrow\text{بنفش}\ r=۳۷^\circ$$

به کمک تانژانت هر زاویه، فاصلهٔ هر پرتو از راستای قائم محاسبه می‌گردد.



$$\left.\begin{array}{l}\text{tg}\,۳۷=\frac{x}{۴۰}=\frac{۳}{۴}\Rightarrow x=۳۰\ \text{cm}\\ \text{tg}\,۴۵=\frac{y}{۴۰}=۱\Rightarrow y=۴۰\ \text{cm}\end{array}\right\}$$
$$\Rightarrow ?=y-x\Rightarrow ?=۱۰\ \text{cm}$$

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



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

$$\xrightarrow[n_1=\frac{\sqrt{3}}{2}]{\theta_1=60^\circ}\ \frac{\sin 60^\circ}{\sin\theta_2}=\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{1}$$

$$\Rightarrow \sin\hat{\theta}_2=0/6 \xrightarrow{\sin 37^\circ=0/6} \theta_2=37^\circ$$

در مثلث $\overset{\triangle}{IBH}$ می‌توان نوشت:

$$\tan 37^\circ=\frac{BH}{IH}\Rightarrow\frac{3}{4}=\frac{BH}{40}\Rightarrow BH=45\text{cm}$$

در مثلث $\overset{\triangle}{IAH}$ داریم:

$$\tan 60^\circ=\frac{AH}{IH}\Rightarrow\sqrt{3}=\frac{AH}{40}\Rightarrow AH=40\sqrt{3}\,\text{cm}$$

فاصله‌ی AB برابر است با:

$$AB=AH-BH=(40\sqrt{3}-45)\ \text{cm}$$

۳۹ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. $\theta_1=45^\circ$

$\theta_2=30^\circ$

$\theta_3=60^\circ$

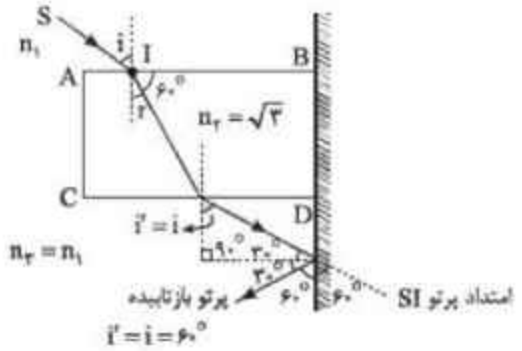
$$n_1\sin\theta_1=n_3\sin\theta_3$$

$$\frac{n_1}{n_3}=\frac{\sin\theta_3}{\sin\theta_1}=\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}}=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}=\sqrt{\frac{3}{2}}$$

حال نسبت سرعت‌ها:

$$\frac{V_3}{V_1}=\frac{n_1}{n_3}\Rightarrow\frac{V_3}{V_1}=\sqrt{\frac{3}{2}}$$

۴۰ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



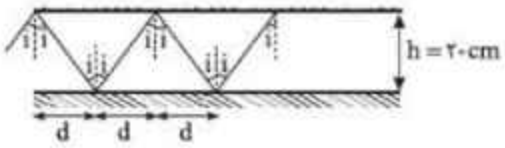
$r = ۹۰^\circ - ۶۰^\circ = ۳۰^\circ$

$n_1 \operatorname{Sin} i = n_2 \operatorname{Sin} r$

$\Rightarrow ۱ \times \operatorname{Sin} i = \sqrt{۳} \times \operatorname{Sin} ۳۰^\circ \Rightarrow \operatorname{Sin} i = \frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow i = ۶۰^\circ$

چون $n_1 = n_3$ پرتو خروجی موازی پرتو ورودی است یعنی $i = i' = ۶۰^\circ$، بنابراین مطابق شکل، زاویهٔ پرتو تابیده از آینه و امتداد پرتو تابش ۱۲۰° خواهد شد.

۴۱ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



زاویهٔ تابش: $i = ۳۷^\circ$

$\operatorname{tg} i = \frac{\operatorname{Sin} i}{\operatorname{Cos} i} = \frac{۰/۶}{۰/۸} = \frac{۳}{۴}$

$\operatorname{tg} i = \frac{d}{h} \Rightarrow d = h \operatorname{tg} i = ۲۰ \times \frac{۳}{۴} = ۱۵\,\text{cm}$

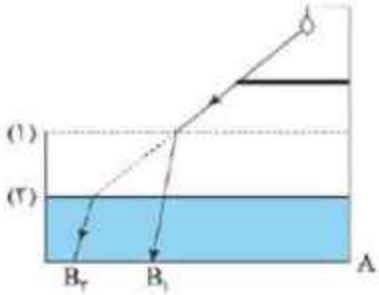
تعداد قسمت‌های d در طول l یعنی $\frac{l}{d}$ برابر است با:

$\frac{l}{d} = \frac{۱۶۰}{۱۵} = ۱۰/۶۷$

با در نظر گرفتن بازتاب پرتو آخری، تعداد پرتوهای بازتابیده برابر $n = ۱۰ + ۱ = ۱۱$ خواهد شد.

۴۲ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

هنگامی که استخر پر است و آب در سطح (۱) است طول سایه AB_1 و وقتی سطح آب استخر به سطح (۲) می‌رسد (در حال خالی شدن) طول سایه AB_2 خواهد بود و همانطور که ملاحظه می‌شود، طول سایه‌ی تخته شیرجه در حال افزایش است.



۴۳ گزینه ۴ پاسخ صحیح است. با توجه به تعریف ضریب شکست، سرعت انتشار نور در محیط اول عبارتست از:

$$v_۱ = \frac{c}{n_۱} = \frac{۳\times ۱۰^{۸}}{۲} = \frac{۳}{۲}\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$$

$$\Delta t_۱ = \frac{۲/۴}{\frac{۳}{۲}\times ۱۰^{۸}} = ۱۶\ \text{ns}\ (۱)$$

به کمک رابطه شکست عمومی، داریم:

$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\text{Sin}\,\theta_۲}{\text{Sin}\,\theta_۱} \Rightarrow v_۱ = \frac{\frac{۲}{۳}}{\frac{۱}{۲}}\times\frac{۳}{۲}\times ۱۰^{۸} = ۲\times ۱۰^{۸}\ \frac{m}{s}$$

$$\Delta t_۲ = \frac{۳/۶}{۲\times ۱۰^{۸}} = ۱۸\ \text{ns}\ \ (۲)$$

$$\xrightarrow{(۱),(۲)} \Delta t = \Delta t_۱ + \Delta t_۲ = ۱۶ + ۱۸ = ۳۴\ \text{ns}$$

۴۴ 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 ۳۰° با افق است پس زاویه $\theta_۲$ باید ۶۰° باشد. از قانون اسنل دکارت می‌توانیم $\theta_۱$ را محاسبه کنیم:

$$n_{\text{مایع}}\,\text{Sin}\,\theta_۱ = n_{\text{هوا}}\,\text{Sin}\,\theta_۲ \Rightarrow \sqrt{\frac{۳}{۲}}\,\text{Sin}\,\theta_۱ = ۱\times\frac{\sqrt{۳}}{۲} \Rightarrow \text{Sin}\,\theta_۱ = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \Rightarrow \theta_۱ = ۴۵^\circ$$

از طرف دیگر جمع $x_۱$ و $x_۲$ باید طبق اطلاعات سؤال ۱۰ cm شود:

$$\left.\begin{array}{l} x_۱ + x_۲ = ۱۰\ \text{cm} \\ x_۱ = h\times\text{tg}\theta_۱ \\ x_۲ = (۱۰ - h)\text{tg}\theta_۲ \end{array}\right\} \Rightarrow h\times\text{tg}۴۵ + (۱۰ - h)\text{tg}۶۰ = ۱۰ \Rightarrow h\times ۱ + (۱۰ - h)\times\underbrace{\sqrt{۳}}_{۱/۷} = ۱۰$$

$$\Rightarrow ۱۰\times ۱/۷ - ۱۰ = h(۱/۷ - ۱) \Rightarrow ۷ = ۰/۷h \Rightarrow h = ۱۰\ \text{cm}$$

پس باید ظرف به طور کامل پر از مایع شود.

۴۵ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.

$$t_A = \frac{L_A}{v_A} \xrightarrow{v_A=\frac{c}{n_A}} t_A = \frac{L_A n_A}{c} \xrightarrow[L_A=\frac{۳}{\text{Sin }۵۳^\circ}\times۱۰^{-۲}\,m, c=۳\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}]{v_A=c_{n_A},\ n_A=\frac{۳}{۲},\ \text{Sin }۵۳^\circ=\frac{۴}{۵}}$$

$$t_A = \frac{۱۲\times۱۰^{-۲}\times\frac{۳}{۲}}{\text{Sin }۵۳^\circ\times۳\times۱۰^{۸}} = \frac{۶\times۱۰^{-۱۰}}{۰/۸} = \frac{۳}{۴}\times۱۰^{-۹}\ s$$

$$\frac{\text{Sin}\,\theta_B}{\text{Sin}\,\theta_A} = \frac{v_B}{v_A} \Rightarrow v_B = \frac{v_A\,\text{Sin}\,\theta_B}{\text{Sin}\,\theta_A} \xrightarrow[\theta_A=۳۷^\circ]{v_A=\frac{c}{n_A}=\frac{۳\times۱۰^{۸}}{\frac{۳}{۲}}=۲\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s},\ \theta_B=۵۳^\circ}$$

$$v_B = \frac{۲\times۱۰^{۸}\times\text{Sin }۵۳^\circ}{\text{Sin }۳۷^\circ} = \frac{۲\times۱۰^{۸}\times۰/۸}{۰/۶} = \frac{۸}{۳}\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}$$

$$t_B = \frac{L_B}{v_B} \xrightarrow[L_B=\frac{۱۲\times۱۰^{-۲}\,m}{\text{Sin }۳۷^\circ}]{v_B=\frac{۶}{۲}\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s},\ \text{Sin }۳۷^\circ=۰/۶} t_B = \frac{۱۲\times۱۰^{-۲}\times۳}{\text{Sin }۳۷^\circ\times۸\times۱۰^{۸}}$$

$$= \frac{۱۲\times۱۰^{-۲}\times۳}{۸\times۱۰^{۸}\times۰/۶} = \frac{۳}{۴}\times۱۰^{-۹}\ s \rightarrow t_B = \frac{۳}{۴}\times۱۰^{-۹}\ s$$

$$t_A + t_B = \frac{۳}{۲}\times۱۰^{-۹}\ s$$

۴۶ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

قانون عمومی شکست را برای دو محیط شفاف A و C می‌نویسیم:

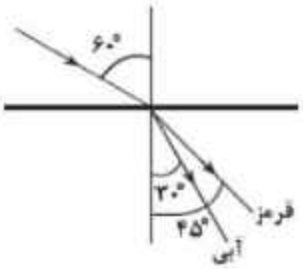
$$\frac{v_A}{v_c} = \frac{\text{Sin}\,\theta_A}{\text{Sin}\,\theta_c} \rightarrow \frac{v_A}{v_c} = \frac{\text{Sin }۴۱/۸^\circ}{\text{Sin }۳۷^\circ} \rightarrow \frac{v_A}{v_c} = \frac{\frac{۲}{۳}}{\frac{۳}{۵}} = \frac{۱۰}{۹}$$

$$\xrightarrow{v_A-v_c=۲\times۱۰^{۷}\,\frac{m}{s}} v_A = ۲\times۱۰^{۸}\,\frac{m}{s}$$

$$n_A = \frac{c}{v_A} \rightarrow n_A = \frac{۳\times۱۰^{۸}}{۲\times۱۰^{۸}} = \frac{۳}{۲}$$

۴۷ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. ضریب شکست شیشه برای نور آبی بزرگ‌تر از نور قرمز است. چون پرتوها از شیشه به هوا تابیده شده‌اند، بنابراین انحراف پرتوی آبی بیش‌تر است و هر دو پرتو از خط عمود دور می‌شوند لذا گزینهٔ «۱» پاسخ صحیح است.

۴۸ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با رسم شکل و طبق رابطهٔ اسنل به محاسبهٔ زاویهٔ شکست برای پرتوی نور می‌پردازیم.



$$n_1 \times \text{Sin}\,\hat{i}_{\text{قرمز}} = n_{\text{قرمز}} \times \text{Sin}\,\hat{r}$$

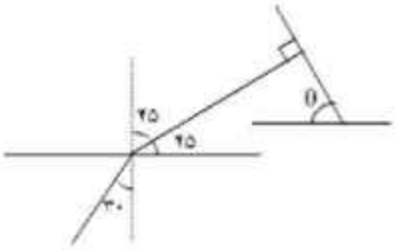
$$\xrightarrow[\hat{i}_{\text{قرمز}}=۶۰^\circ, n_1=1]{n_{\text{قرمز}}=\sqrt{\frac{۳}{۲}}} 1 \times \frac{\sqrt{۳}}{۲} = \sqrt{\frac{۳}{۲}} \times \text{Sin}\,\hat{r} \Rightarrow \text{Sin}\,\hat{r} = \frac{\sqrt{۲}}{۲} \Rightarrow \hat{r}_{\text{قرمز}} = ۴۵^\circ \quad (۱)$$

$$n_1 \times \text{Sin}\,\hat{i}_{\text{آبی}} = n_{\text{آبی}} \times \text{Sin}\,\hat{r}'$$

$$\xrightarrow[\hat{i}_{\text{آبی}}=۶۰^\circ, n_1=1]{n_{\text{آبی}}=\sqrt{۳}} 1 \times \frac{\sqrt{۳}}{۲} = \sqrt{۳} \times \text{Sin}\,\hat{r}' \Rightarrow \text{Sin}\,\hat{r}' = \frac{1}{۲} \Rightarrow \hat{r}'_{\text{آبی}} = ۳۰^\circ \quad (۲)$$

$$(۱), (۲) \Rightarrow \hat{r}_{\text{قرمز}} - \hat{r}'_{\text{آبی}} = ۱۵^\circ$$

۴۹ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.



$$n_1 \text{Sin}\,i = n_2 \text{Sin}\,r \Rightarrow \sqrt{۲}\left(\frac{1}{۲}\right) = \text{Sin}\,r \Rightarrow r = ۴۵^\circ$$
$$\theta = ۴۵^\circ$$

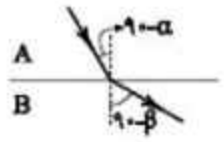
۵۰ گزینه ۴ پاسخ صحیح است.

$$n_1 \text{Sin}\,i = n_2 \text{Sin}\,r \Rightarrow \text{Sin}\,r = \frac{n_1}{n_2}\text{Sin}\,i$$

$\frac{n_1}{n_2} > 1 \Rightarrow \text{Sin}\,r > \text{Sin}\,i \Rightarrow \hat{r} > \hat{i} \Rightarrow$ C یا D ممکن است پرتوی خروجی باشد.

۵۱ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

۵۲ گزینه‌ی ۱ پاسخ صحیح است. در مقایسه‌ی سرعت نور در دو محیط A و B داریم:



$$\begin{cases} n_A \text{Sin}\,(۹۰ - \alpha) = n_B \text{Sin}\,(۹۰ - \beta) & (۱) \\ n_A V_A = n_B V_B & (۲) \end{cases}$$

با تقسیم طرفین رابطه‌ی (۱) بر طرفین رابطه‌ی (۲) داریم:

$$\frac{\text{Sin}\,(۹۰ - \alpha)}{V_A} = \frac{\text{Sin}\,(۹۰ - \beta)}{V_B} \Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = \frac{\text{Sin}\,(۹۰ - \alpha)}{\text{Sin}\,(۹۰ - \beta)} = \frac{\text{Cos}\,\alpha}{\text{Cos}\,\beta}$$

۵۳ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. با افزایش دمای محیط ، چگالی کاهش می‌یابد، یعنی $P_۲ < P_۱$ خواهد بود؛ پس $\frac{\rho_۲}{\rho_۱} < ۱$ می‌شود.

هم‌چنین محیط رقیق شده و ضریب شکست $\rho_۲ < \rho_۱$ خواهد شد؛ یعنی $\frac{n_۲}{n_۱} < ۱$ می‌شود.

۵۴ گزینه ۱ پاسخ صحیح است.

زاویه‌ی تابش: θ

زاویه‌ی انحراف: D

زاویه‌ی شکست: r

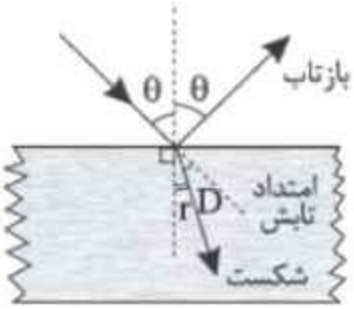
$$(۱)\quad D + r = \theta \Rightarrow D = \theta - r \Rightarrow \theta - r = ۱۵^\circ$$

$$(۲)\quad ۱۰۵^\circ = ۱۸۰^\circ - (\theta + r) \Rightarrow \theta + r = ۷۵^\circ$$

$$\xrightarrow{(۱)+(۲)} ۲\theta = ۹۰^\circ \Rightarrow \theta = ۴۵^\circ \Rightarrow r = ۳۰^\circ$$

اسنل - دکارت : $۱ \times \mathrm{Sin}\,\theta = n\,\mathrm{Sin}\,r$

$$\mathrm{Sin}\,۴۵^\circ = n \times \mathrm{Sin}\,۳۰^\circ \Rightarrow \frac{\sqrt{۲}}{۲} = n \times \frac{۱}{۲} \Rightarrow n = \sqrt{۲}$$



۵۵ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. زاویه‌ای که پرتوهای موج با خط عمود بر مرز دو محیط می‌سازند (θ)، برابر همان زاویه‌ای است که جبهه‌های موج با مرز دو محیط می‌سازند. قاعده‌ی کلی شکست بیان می‌دارد:

$$\frac{\mathrm{Sin}\,\theta_۲}{\mathrm{Sin}\,\theta_۱} = \frac{v_۲}{v_۱} \xrightarrow{\theta_۱ = ۳۰^\circ,\ \theta_۲ = ۶۰^\circ} \frac{\mathrm{Sin}\,۶۰}{\mathrm{Sin}\,۳۰} = \frac{\frac{\sqrt{۳}}{۲}}{\frac{۱}{۲}} = \sqrt{۳} = \frac{v_۲}{v_۱}$$

$$\Rightarrow \frac{v_۱}{v_۲} = \frac{\sqrt{۳}}{۳}$$

۵۶ گزینه ۳ پاسخ صحیح است.

می‌دانیم که بسامد موج در عبور از محیط‌های شفاف ثابت می‌ماند. در محیط (۱) فاصله‌ی دو جبهه‌ی موج متوالی بیشتر است. بنابراین $\lambda_۱ > \lambda_۲$ از آنجا که f ثابت است.

$$\lambda_۱ f > \lambda_۲ f$$

$$v_۱ > v_۲$$

$$\frac{C}{n_۱} > \frac{C}{n_۲} \Rightarrow n_۲ > n_۱$$

بنابراین چون کمترین ضریب شکست مربوط به خلأ و هوا است ($n = ۱$) پس: محیط (۱) هوا و محیط (۲) ماده‌ای شفاف به ضریب شکست $n_۲ = n$ است.

$$n_۱ \operatorname{Sin} i = n_۲ \operatorname{Sin} r$$

$$۱ \times \operatorname{Sin} ۵۳^\circ = n \times \operatorname{Sin} ۳۰^\circ$$

$$۰/۸ = n \times \frac{۱}{۲} \Rightarrow n = ۱/۶$$

دقت کنید زاویه جبهه موج با سطح جدایی دو محیط همان زاویه‌ی تابش است.

$$a = ۰/۳$$

دقت کنید زاویه جبهه موج با مرز دو محیط برابر زاویه پرتو با خط عمود بر سطح است.

$$a = ۱/۵\lambda$$

۵۷ گزینه ۲ پاسخ صحیح است. فاصله‌ی بین دو جبهه‌ی موج، برابر با طول موج می‌باشد که در محیط اول $\lambda_۱ = ۶\ \text{cm}$ و در محیط دوم $\lambda_۲ = ۷/۲\ \text{cm}$ است. وقتی موج از یک محیط وارد محیط دیگری می‌شود، بسامد آن ثابت می‌ماند و طبق رابطه‌ی $\lambda = \frac{v}{f}$، تندی به نسبت طول موج تغییر می‌کند.

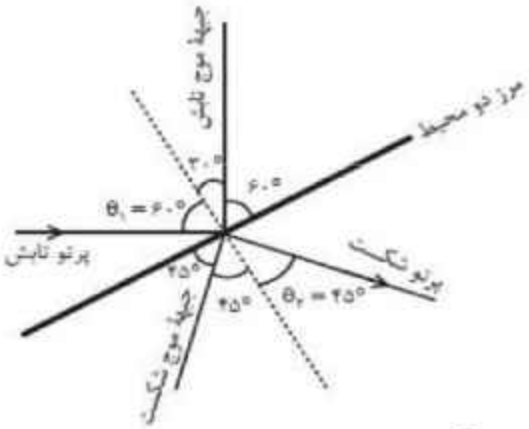
$$\frac{v_۲}{v_۱} = \frac{\lambda_۲}{\lambda_۱} = \frac{۷/۲}{۶} = ۱/۲$$

از طرفی طبق قانون شکست عمومی، داریم:

$$\frac{\operatorname{Sin}\theta_۲}{\operatorname{Sin}\theta_۱} = \frac{v_۲}{v_۱} \Rightarrow \frac{\operatorname{Sin}\theta_۲}{\operatorname{Sin}۳۰^\circ} = ۱/۲ \Rightarrow \operatorname{Sin}\theta_۲ = ۰/۶ \Rightarrow \theta_۲ = ۳۷^\circ$$

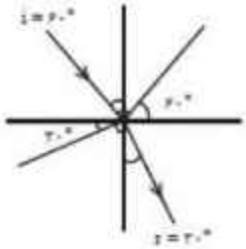
زاویه‌ی شکست با زاویه‌هایی که جبهه‌های موج با مرز دو محیط در محیط ۲ می‌سازند، برابر است، پس $\alpha = ۳۷^\circ$ می‌باشد.

۵۸ گزینه ۳ پاسخ صحیح است. با توجه به قانون شکست عمومی یعنی $\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{v_2}{v_1}$ ، باید θ_1 (زاویهٔ تابش) و θ_2 (زاویهٔ شکست) را به‌دست آوریم. چون جبههٔ موج تابش با مرز، زاویهٔ 60° می‌سازد و جبههٔ موج شکست هم با مرز، زاویهٔ 45° می‌سازد، پس می‌توان گفت زاویهٔ تابش 60° و زاویهٔ شکست 45° می‌باشد:



$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}=\frac{v_2}{v_1}\Rightarrow\frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ}=\frac{v_2}{v_1}\Rightarrow\frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}}=\frac{v_2}{v_1}\Rightarrow\frac{v_2}{v_1}=\sqrt{\frac{2}{3}}$$

۵۹ گزینه ۲ پاسخ صحیح است.



$$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\Rightarrow\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\frac{\lambda_1}{4}\Rightarrow\lambda_1=4\sqrt{3}\,\text{cm}$$
$$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{n_2}{n_1}\Rightarrow n_2=\sqrt{3}$$

۶۰ گزینه ۱ پاسخ صحیح است. بررسی موارد مطرح شده:

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

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
۴۱	۱	**۲**	۳	۴
۴۲	۱	**۲**	۳	۴
۴۳	۱	۲	۳	**۴**
۴۴	۱	۲	**۳**	۴
۴۵	۱	**۲**	۳	۴
۴۶	۱	۲	**۳**	۴
۴۷	**۱**	۲	۳	۴
۴۸	۱	۲	**۳**	۴
۴۹	۱	۲	**۳**	۴
۵۰	۱	۲	۳	**۴**
۵۱	۱	۲	**۳**	۴
۵۲	**۱**	۲	۳	۴
۵۳	۱	**۲**	۳	۴
۵۴	**۱**	۲	۳	۴
۵۵	**۱**	۲	۳	۴
۵۶	۱	۲	**۳**	۴
۵۷	۱	**۲**	۳	۴
۵۸	۱	۲	**۳**	۴
۵۹	۱	**۲**	۳	۴
۶۰	**۱**	۲	۳	۴