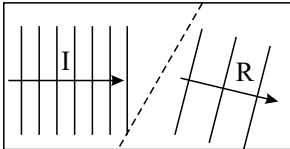




۱- در انتشار موج‌های سطحی در آب‌های کم عمق، با افزایش عمق آب تندی انتشار موج و طول موج به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

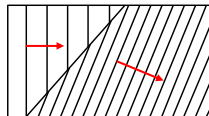
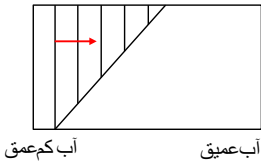
- ① کاهش می‌یابد، ثابت می‌ماند. ② افزایش می‌یابد، افزایش می‌یابد. ③ کاهش می‌یابد، کاهش می‌یابد. ④ افزایش می‌یابد، ثابت می‌ماند

۲- در شکل زیر، جبهه‌های یک موج سطحی در یک تشت موج نشان داده شده است که عمق آب در قسمت‌های I و R با هم متفاوت است. به ترتیب از راست به چپ، کدام قسمت از تشت، عمق کم‌تری دارد و تندی موج سطحی در کدام قسمت بیش‌تر است؟

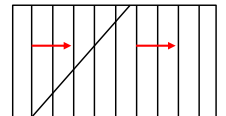


- ① $I - I$ ② $R - I$
③ $R - R$ ④ $I - R$

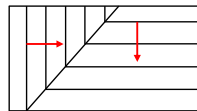
۳- روی سطح آب یک تشت، یک موج سطحی تخت در قسمت کم‌عمق ایجاد شده است و این موج به مرز آب کم‌عمق و آب عمیق می‌رسد. کدام گزینه شکل جبهه‌های موج سطحی در آب عمیق را به درستی نمایش می‌دهد؟



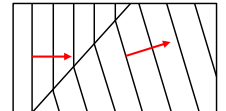
②



①



④



③

۴- یک دسته پرتو نور قرمز از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست $\frac{3}{2}$ می‌شود. در این حالت بسامد نور، طول موج آن و سرعت نور می‌یابد.

- ① ثابت - کاهش - نیز کاهش ② ثابت - افزایش - کاهش ③ کاهش - افزایش - نیز افزایش ④ افزایش - کاهش - نیز کاهش

۵- پرتو نوری از شیشه وارد هوا شده و اندازهٔ سرعت آن ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. ضریب شکست شیشه کدام است؟

- ① $\frac{4}{3}$ ② $\frac{5}{4}$ ③ $\frac{6}{5}$ ④ $\frac{7}{6}$

۶- پرتوی نوری از هوا وارد محیط شفافی به ضریب شکست n می‌شود و سرعت آن ۴۰٪ کاهش می‌یابد. ضریب شکست محیط شفاف کدام است؟ (سرعت نور در هوا و خلأ یکسان فرض شود.)

- ① $\frac{3}{2}$ ② $\frac{5}{3}$ ③ $\frac{5}{2}$ ④ $\frac{4}{3}$

۷- در اثر عبور نور از محیط شفاف (۱) به محیط شفاف (۲)، سرعت نور ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. ضریب شکست محیط شفاف (۲) درصد از ضریب شکست محیط شفاف (۱) است.

- ① ۲۵-کم‌تر ② ۲۵-بیش‌تر ③ ۲۰-کم‌تر ④ ۲۰-بیش‌تر

۸- پرتوی نوری از محیط شفافی به ضریب شکست $\frac{2}{5}$ وارد محیط شفاف دیگری با ضریب شکست ۲ می‌شود. بزرگی سرعت نور چند درصد تغییر می‌کند؟

- ① ۲۵ ② ۲۰ ③ ۳۰ ④ ۴۰



۹- طول موج نور تک رنگی در محیط شفاف اول $\frac{7}{8}$ برابر طول موج آن در محیط شفاف دوم است. اگر ضریب شکست محیط شفاف اول $\frac{4}{3}$ باشد، کدام گزینه اندازه‌ی سرعت نور در محیط شفاف دوم را به درستی نشان می‌دهد؟ (ϵ_0 ضریب گذردهی الکتریکی و μ_0 تراوایی مغناطیسی خلأ در SI است.)

- ① $\frac{7}{6\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ ② $\frac{32}{21\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ ③ $\frac{6}{7\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ ④ $\frac{21}{32\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$

۱۰- در مدت زمانی که نور مسافت ۱۶۰ سانتی‌متر را در شیشه‌ای با ضریب شکست $\frac{3}{2}$ طی می‌کند، در آب با ضریب شکست $\frac{4}{3}$ چند سانتی‌متر مسافت را طی خواهد کرد؟

- ① ۸۰ cm ② ۱۸۰ cm ③ ۳۲۰ cm ④ ۱۰۰ cm

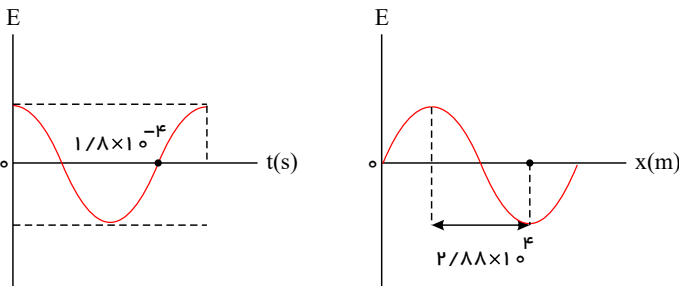
۱۱- اگر طول موج نور قرمز در خلأ برابر با ۶۰۰ نانومتر و در محیط شفافی برابر با ۴۰۰ نانومتر باشد، ضریب شکست این محیط چند است؟ ($n_{\text{خلأ}} = 1$)

- ① $\frac{16}{9}$ ② $\frac{4}{3}$ ③ $\frac{3}{2}$ ④ $\frac{9}{4}$

۱۲- هنگامی که یک پرتو نور از محیط شفاف A وارد محیط شفاف B می‌شود. فاصله دو جبهه موج متوالی ۲۰ درصد افزایش می‌یابد و اگر همین پرتو نور از محیط شفاف B وارد محیط شفاف C شود. فاصله دو جبهه موج متوالی ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. ضریب شکست محیط شفاف A چند برابر ضریب شکست محیط شفاف C است؟

- ① $\frac{3}{4}$ ② $\frac{4}{3}$ ③ ۱ ④ $\frac{24}{25}$

۱۳- نمودارهای زیر مربوط به میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی در یک محیط شفاف است. ضریب شکست این محیط چقدر است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

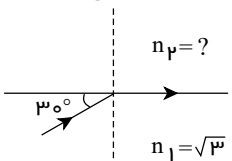


- ① ۱٫۲ ② ۱٫۲۵ ③ ۱٫۳ ④ ۱٫۴

۱۴- پرتو نوری تحت زاویه تابش 45° از محیط شفافی به ضریب شکست $n = 2$ وارد محیط شفاف دیگری می‌شود و 15° منحرف می‌شود. ضریب شکست محیط دوم کدام گزینه است؟

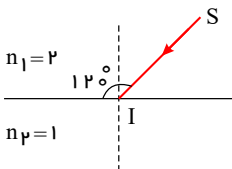
- ① $\frac{2\sqrt{6}}{3}$ ② $2\sqrt{2}$ ③ $\sqrt{2}$ ④ گزینه‌های ۱ و ۲ می‌توانند درست باشند.

۱۵- مطابق شکل زیر، پرتوی نور تک‌رنگی به صورت مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد و به موازات سطح جدایی دو محیط خارج می‌شود. ضریب شکست محیط دوم کدام است؟



- ① $\sqrt{2}$ ② $\sqrt{3}$ ③ ۲ ④ $\frac{3}{2}$

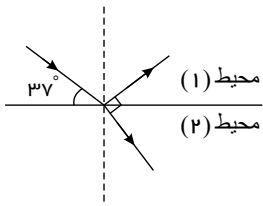
۱۶- در شکل زیر، پرتوی نور تک‌رنگی به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد. زاویه شکست چند برابر زاویه انحراف است؟



- ① $\frac{2}{3}$ ② $\frac{1}{3}$ ③ $\frac{3}{2}$ ④ ۳



۱۷- شکل زیر، نمودار پرتویی از بازتاب و شکست نور در عبور یک پرتوی نور از محیط شفاف با ضریب شکست $n_1 = 1,2$ به محیط شفاف دیگری را نشان می دهد. اگر پرتو بازتاب بر پرتو شکست عمود باشد، ضریب شکست محیط دوم چقدر است؟ ($\sin 53^\circ = \cos 37^\circ = 0,8$)



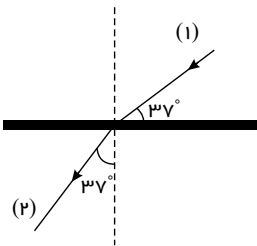
- ① ۰,۹
② ۰,۸
③ ۱,۶
④ ۱,۵

۱۸- پرتویی از هوا با زاویه تابش 60° بر سطح یک محیط شفاف تابیده شده است، به طوری که قسمتی از آن بازتاب شده و قسمتی نیز شکسته و وارد محیط شفاف می شود. اگر پرتوهای بازتاب و شکست بر هم عمود باشند، ضریب شکست محیط شفاف چه قدر است؟ ($n_{\text{هوا}} = 1$)

- ① $\sqrt{3}$ ② $\sqrt{2}$ ③ $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ④ $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

۱۹- پرتوی نور تک رنگی با زاویه تابش 45° از هوا به محیطی که ضریب شکست آن $\sqrt{2}$ است، می تابد و قسمتی از آن بازتاب شده و به هوا برمی گردد و قسمتی دیگر شکست می یابد و وارد محیط شفاف می شود، زاویه بین پرتوی بازتاب و پرتوی شکست چند درجه است؟

- ① ۷۵ ② ۹۰ ③ ۱۰۵ ④ ۱۲۰



۲۰- در شکل زیر پرتوی نور وقتی از محیط (۱) وارد محیط (۲) می شود، تندی اش چه تغییر می کند؟ ($\sin 37^\circ = 0,6$)

- ① ۲۰ درصد افزایش می یابد.
② ۲۰ درصد کاهش می یابد.
③ ۲۵ درصد افزایش می یابد.
④ ۲۵ درصد کاهش می یابد.

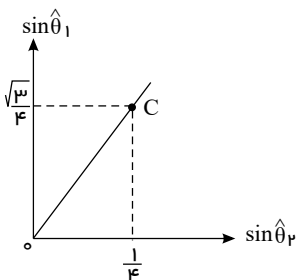
۲۱- پرتو نوری با زاویه تابش 74° از هوا به محیط شفاف می تابد و با زاویه شکست 53° وارد آن محیط شفاف می شود. اگر سرعت نور در هوا 3×10^8 کیلومتر بر ثانیه باشد، سرعت نور در محیط شفاف چند کیلومتر بر ثانیه خواهد بود؟ ($\sin 37^\circ = 0,6$)

- ① $3,6 \times 10^8$ ② $2,5 \times 10^8$ ③ $1,875 \times 10^8$ ④ $4,8 \times 10^8$

۲۲- پرتو نور تک رنگی از هوا و با زاویه تابش 45° به سطح مایع شفاف برخورد می کند. اگر این پرتو با 15° انحراف از مسیر اولیه اش وارد مایع شود، سرعت نور در مایع چند متر بر ثانیه است؟ ($n_{\text{هوا}} = 1, c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$)

- ① $\frac{3\sqrt{2}}{4} \times 10^8$ ② $\frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^8$ ③ $\sqrt{3} \times 10^8$ ④ $\frac{\sqrt{3}}{2} \times 10^8$

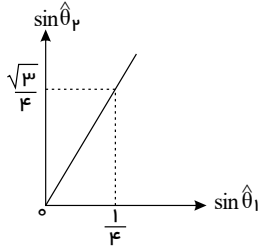
۲۳- پرتو نور تک رنگی به طور مایل از محیط شفاف A وارد محیط شفاف B می شود. اگر نمودار تغییرات $\sin(\hat{\theta}_1)$ بر حسب $\sin(\hat{\theta}_2)$ به صورت زیر باشد، کدام یک از گزینه های زیر درست است؟ ($\hat{\theta}_1$ ، زاویه تابش و $\hat{\theta}_2$ ، زاویه شکست است.)



- ① سرعت نور در محیط B بیش تر از سرعت نور در محیط A است.
② سرعت نور در محیط A، $\frac{\sqrt{3}}{2}$ برابر سرعت نور در محیط B است.
③ ضریب شکست محیط A نسبت به محیط B برابر $\frac{\sqrt{3}}{3}$ است.
④ ضریب شکست محیط A بیش تر از ضریب شکست محیط B است.



۲۴- پرتوی نور تک‌رنگی از محیط شفاف A وارد محیط شفاف B می‌شود. اگر نمودار تغییرات سینوس زاویه شکست بر حسب سینوس زاویه تابش نور مطابق شکل زیر باشد، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

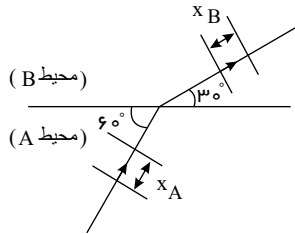


- ① محیط A از B رقیق‌تر است.
 ② سرعت نور در محیط A ، $\sqrt{3}$ برابر سرعت نور در محیط B است.
 ③ زاویه شکست نور کمتر از زاویه تابش نور است.
 ④ برای یک مسافت یکسان، زمانی را که نور در محیط A طی می‌کند $\sqrt{3}$ برابر مدت زمانی است که در محیط B طی می‌کند.

۲۵- یک پرتو الکترومغناطیسی با زاویه تابش 53° از خلأ به مرز جدایی دو محیط تابیده و بعد از ورود به محیط دوم، 16° از راستای اولیه اش منحرف می‌شود. اگر اختلاف طول موج این پرتو در دو محیط 300 km باشد، طول موج آن در خلأ چند کیلومتر است؟ ($\sin 37^\circ = \cos 53^\circ = 0.6$)

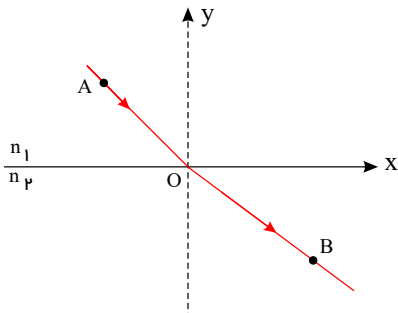
- ① ۸۰۰ ② ۹۰۰ ③ ۱۲۰۰ ④ ۱۵۰۰

۲۶- مطابق شکل زیر یک موج الکترومغناطیسی از محیط (A) به محیط (B) تابیده است. اگر فاصله دو جبهه متوالی موج تابش و موج شکست به ترتیب x_A و x_B باشد، حاصل $\frac{x_A}{x_B}$ کدام است؟



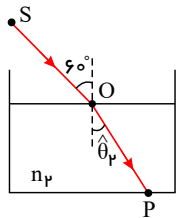
- ① $\sqrt{3}$ ② $\frac{\sqrt{3}}{3}$
 ③ ۲ ④ $\frac{1}{2}$

۲۷- مطابق شکل زیر، پرتو نوری از محیط شفاف (۱) وارد محیط شفاف (۲) می‌شود. اگر نقطه O مبدا مختصات در نظر گرفته شود و نقاط A و B به مختصات $A \left| \begin{matrix} -2 \\ 4 \end{matrix} \right|$ و $B \left| \begin{matrix} 3 \\ -4 \end{matrix} \right|$ مطابق شکل روی پرتو باشند، در این صورت نسبت سرعت نور در محیط دوم به سرعت نور در محیط اول کدام است؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)



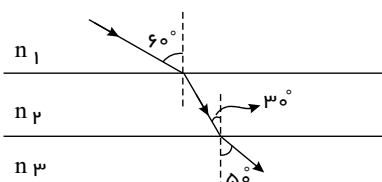
- ① $\frac{4\sqrt{2}}{5}$ ② $\frac{5\sqrt{2}}{8}$
 ③ $\frac{4}{3}$ ④ $\frac{3}{4}$

۲۸- در شکل زیر ارتفاع نقطه S از کف مایع ۲ برابر ارتفاع مایع است. اگر زمان رسیدن نور از نقطه S در هوا به نقطه O دقیقاً برابر زمان رسیدن نور از نقطه O به نقطه P باشد، ضریب شکست مایع کدام است؟



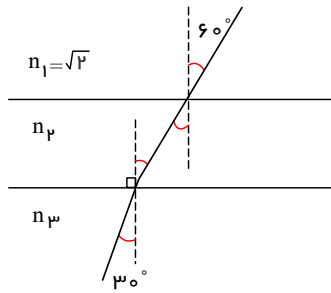
- ① $\frac{4}{3}$ ② $\sqrt{2}$
 ③ $\sqrt{3}$ ④ $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

۲۹- در شکل زیر، سطح جدایی محیط‌های شفاف باهم موازی‌اند. اگر مسیر پرتوی نور مطابق شکل زیر باشد، کدام رابطه بین تندی نور در محیط‌ها برقرار است؟



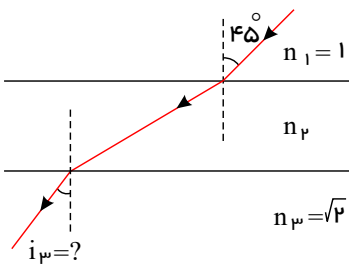
- ① $v_1 > v_2 > v_3$ ② $v_1 > v_3 > v_2$
 ③ $v_2 = v_3 > v_1$ ④ $v_2 > v_3 > v_1$

۳۰- در شکل مقابل، مسیر پرتویی تک‌رنگ در سه محیط شفاف، با سطوح موازی داده شده است. n_3 (ضریب شکست محیط سوم) کدام است؟



- ① $\sqrt{5}$
- ② ۲
- ③ $\sqrt{6}$
- ④ ۳

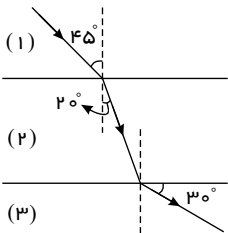
۳۱- در شکل زیر سه محیط شفاف به صورت موازی روی یک‌دیگر قرار دارند، پرتو نور تحت چه زاویه شکستی وارد محیط n_3 می‌شود؟



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

- ① باید مشخص باشد
- ② 30°
- ③ 45°
- ④ 37°

۳۲- در شکل زیر، اگر سطح جدایی محیط‌های شفاف با هم موازی باشد، تندی نور در محیط (۳) چند برابر تندی آن در محیط (۱) است؟



① $\sqrt{3}$

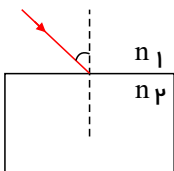
④ $\frac{\sqrt{6}}{4}$

① $\frac{\sqrt{2}}{2}$

③ $\frac{\sqrt{6}}{2}$

۳۳- در شکل روبه‌رو، پرتو SI با زاویه تابش 30° از هوا به سطح یک تیغه شیشه‌ای می‌تابد. در صورتی که زاویه تابش دو برابر شود، سرعت پرتو نور در

داخل تیغه چند برابر می‌شود؟



② ۲

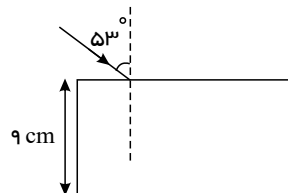
④ ۴

① ۱

③ ۳

۳۴- پرتوی نوری از هوا مطابق شکل با زاویه تابش 53° به سطح یک تیغه شیشه‌ای به ضخامت 9 cm می‌تابد. اگر ضریب شکست شیشه 1.6 باشد،

فاصله پرتوی نور خروجی از تیغه با امتداد پرتوی تابش، روی وجه تیغه شیشه‌ای چند سانتی‌متر است؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\sqrt{3} = 1.7$)



① ۴٫۹

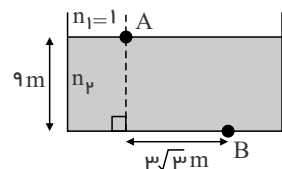
② ۶٫۹

③ ۵٫۶

④ ۷٫۵

۳۵- در شکل زیر، برای آن که باریکه تور تابشی که از هوا در نقطه A وارد آب می‌شود، در گذر از آب به نقطه B برسد، زاویه تابش چند درجه باید

باشد؟ ($n_p = \sqrt{2}$, $\sin 53^\circ = 0.8$)



② ۳۷

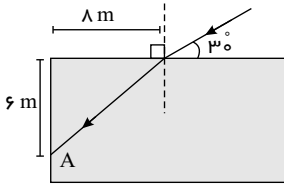
④ ۶۰

① ۳۰

③ ۴۵



۳۶- مطابق شکل، پرتو نوری از هوا به سطح مایع شفاف داخل یک ظرف تاییده و پس از ورود به مایع در نقطه A به دیواره طرف برخورد می کند. ضریب شکست مایع چقدر است؟ ($n_{\text{هوا}} = 1$, $\sin 37^\circ = 0.6$)



(۲) $\frac{5\sqrt{3}}{4}$

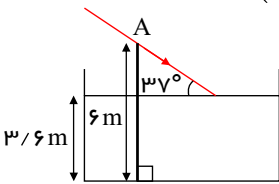
(۱) $\frac{5\sqrt{3}}{8}$

(۴) $\frac{5\sqrt{3}}{2}$

(۳) $\frac{5\sqrt{3}}{3}$

۳۷- مطابق شکل زیر، میله ای به طول ۶ متر به طور قائم بر کف استخر آبی به عمق ۳٫۶ متر نصب شده است. اگر پرتوهای خورشید با زاویه نسبت به

افق از هوا بر سطح آب بتابند، طول سایه ای که از میله بر کف استخر می افتد، چند متر است؟ ($\sin 53^\circ = \frac{4}{5}$, $n_{\text{آب}} = \frac{4}{3}$)



(۲) ۵٫۹

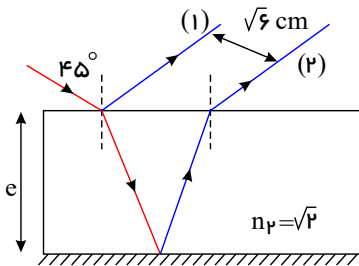
(۱) ۲٫۷

(۴) ۸

(۳) ۶٫۶

۳۸- مطابق شکل زیر، پرتویی با زاویه تابش 45° از هوا به تیغه ای به ضریب شکست $\sqrt{2}$ که کف آن آینه تخت است، می تابد و بخشی از آن بازتاب و

بخش دیگر آن شکست می یابد. اگر فاصله پرتوهای (۱) و (۲) از هم $\sqrt{6}$ سانتی متر باشد، ضخامت تیغه (e) چند سانتی متر است؟



(۱) $2\sqrt{3}$

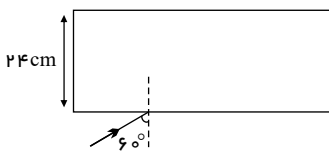
(۲) $3\sqrt{2}$

(۳) ۲

(۴) ۳

۳۹- مطابق شکل زیر نور سفید از هوا با زاویه تابش 60° به سطح یک تیغه مسطح به ضخامت ۲۴cm می تابد. اگر ضریب شکست تیغه برای پرتوهای

قرمز و بنفش به ترتیب برابر با $\frac{5\sqrt{3}}{8}$ و $\frac{5\sqrt{3}}{6}$ باشد، فاصله بین پرتوهای قرمز و بنفش در هنگام خروج از تیغه چند سانتی متر است؟



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

(۲) ۷

(۱) $12\sqrt{3}$

(۴) $14\sqrt{3}$

(۳) ۱۲

۴۰- چه تعداد از عبارات های زیر صحیح است؟

- ضریب شکست هر محیطی برای نورهای مختلف به طول موج نور بستگی دارد.
- ضریب شکست یک محیط معین شفاف مثل شیشه برای طول موج های کوتاه تر، بیش تر است.
- ضریب شکست منشور برای نور سبز بیش تر از ضریب شکست منشور برای نور آبی است.
- در داخل منشور، تندی نور بنفش بیش تر از تندی نور قرمز است.

(۴) ۴

(۳) ۳

(۲) ۲

(۱) ۱

۴۱- چه تعداد از جمله‌های زیر در مورد پاشیدگی نور توسط منشور نادرست است؟

- بیش‌ترین انحراف مربوط به نور بنفش و کم‌ترین انحراف مربوط به نور قرمز است.
- ضریب شکست منشور برای نور سبز بیش‌تر از ضریب شکست منشور برای نور آبی است.
- علت پاشیدگی نور در منشور تفاوت ضریب شکست منشور برای نورهایی با رنگ‌های متفاوت است.
- در داخل منشور سرعت نور بنفش بیش‌تر از نور قرمز است.

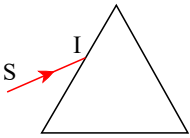
۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۴۲- مطابق شکل زیر، پرتوی SI را که از دو پرتوی سبز و زرد تشکیل شده است، از هوا به یک منشور می‌تابانیم. به ترتیب از راست به چپ، ضریب شکست منشور برای کدام پرتو بیش‌تر است و کدام پرتو دارای زاویه‌ی انحراف بیش‌تری است؟



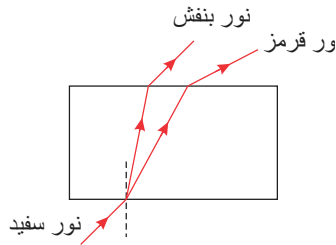
۲ سبز-زرد

۱ سبز-سبز

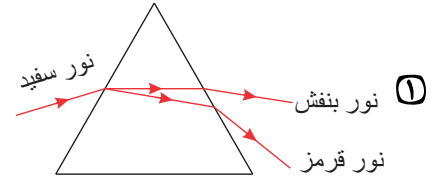
۴ زرد-زرد

۳ زرد-سبز

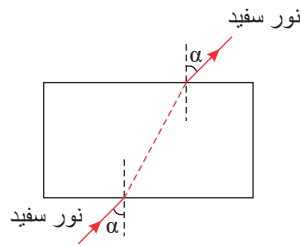
۴۳- کدام یک از گزینه‌های زیر پدیده‌ی پاشیدگی نور را به درستی نشان می‌دهد؟ (منشورها و تیغه‌های متوازی‌السطوح از جنس شیشه است.)



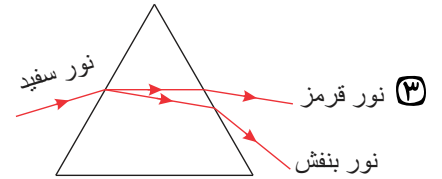
۲



۱



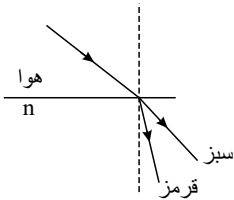
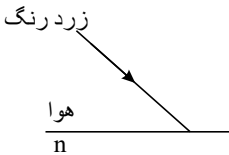
۴



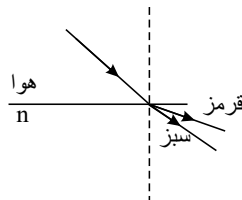
۳

۴۴- مطابق شکل، پرتو فرودی زرد رنگ که ترکیب دو نور قرمز و سبز است، در سطح مشترک دو ماده شکست پیدا کرده است. کدام شکل، شکستی را

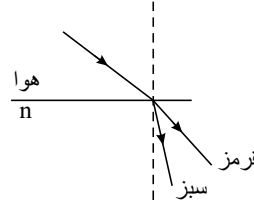
نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟



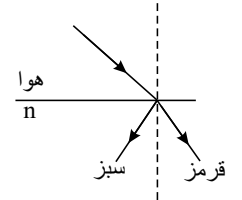
۴



۳



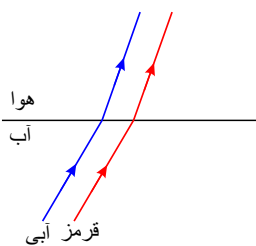
۲



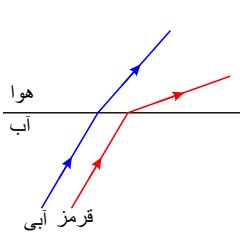
۱

۴۵- دو پرتوی تک‌رنگی آبی و قرمز با زاویه‌ی تابش یکسان و به‌طور مایل، از آب به سطح جدایی آب و هوا می‌تابند. در کدام گزینه مسیر پرتوهای

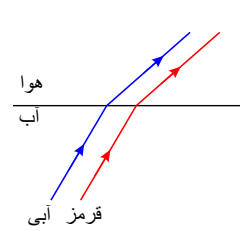
شکست این دو پرتو به درستی نشان داده شده است؟



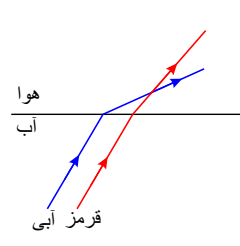
۴



۳



۲



۱



۴۶- باریکه نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی از هوا و با زاویه تابش 60° بر سطح یک تیغه شفاف می‌تابد. اگر ضریب شکست تیغه برای نور قرمز

$\sqrt{\frac{3}{2}}$ و برای نور آبی $\sqrt{3}$ باشد، زاویه بین دو پرتوی شکست در محیط دوم چند درجه است؟ ($n_{\text{هوا}} = 1$)

۶۰ (۴)

۱۵ (۳)

۳۰ (۲)

۴۵ (۱)

۴۷- کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد پدیده سراب صحیح نیست؟

(۱) پدیده سراب را نه تنها می‌توان دید بلکه می‌توان از آن عکس گرفت.

(۲) چگالی هوا در پدیده سراب در نزدیکی سطح زمین کاهش می‌یابد.

(۳) ضریب شکست در نزدیکی سطح زمین افزایش می‌یابد.

(۴) تعبیر جبهه موج و خمیدگی مربوط به آن، به این دلیل رخ می‌دهد که انتهای پایین جبهه موج در هوای گرم‌تر سریع‌تر حرکت می‌کند.



پاسخنامه تشریحی

۱ - گزینه ۲ تندی انتشار موج با افزایش عمق آب، افزایش و طول موج نیز افزایش می‌یابد ولی بسامد انتشار موج به منبع موج بستگی دارد و ثابت است.

۲ - گزینه ۲ می‌دانیم تندی امواج سطح آب به عمق آب وابسته است و با افزایش عمق تندی انتشار موج افزایش می‌یابد.

با توجه به جبهه‌های موج در شکل مشخص می‌شود که:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

$$\lambda_I < \lambda_R \xrightarrow{\lambda \propto v} V_I < V_R$$

$$\Rightarrow \text{عمق } h_I < \text{عمق } h_R$$

۳ - گزینه ۳ با ورود موج سطحی به قسمت عمیق، سرعت انتشار آن و متناسب با آن طول موج (که همان فاصله بین جبهه‌های موج متوالی است)، می‌بایست افزایش یابد و زاویه شکست نسبت به زاویه تابش بیشتر شود.

۴ - گزینه ۱ وقتی نور از یک محیط شفاف وارد محیط شفاف دیگر می‌شود، بسامد آن ثابت می‌ماند. زیرا بسامد نور به شرایط فیزیکی چشمه نور بستگی دارد. از طرفی طبق رابطه $v = \frac{c}{n}$

$$\lambda = \frac{v}{f} \text{ می‌توان نوشت:}$$

$$\frac{v_p}{v_1} = \frac{n_1}{n_p} \xrightarrow{n_p = \frac{3}{2}, n_1 = 1} \frac{v_p}{v_1} = \frac{2}{3} \Rightarrow v_p = \frac{2}{3}v_1$$

$$\frac{\lambda_p}{\lambda_1} = \frac{v_p}{v_1} = \frac{2}{3} \Rightarrow \lambda_p = \frac{2}{3}\lambda_1$$

بنابراین وقتی نور از محیط رقیق وارد غلیظ می‌شود سرعت و طول موج آن کاهش می‌یابد.

۵ - گزینه ۳ با استفاده از رابطه مقایسه‌ای بین ضریب شکست نور و سرعت نور در دو محیط داریم:

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow \frac{v_p}{v_1} = \frac{n_1}{n_p} \xrightarrow{v_p = v_1 + 0.2v_1 = 1.2v_1, n_p = 1} \frac{1.2v_1}{v_1} = \frac{n_1}{1} \Rightarrow n_1 = \frac{6}{5}$$

۶ - گزینه ۲

اگر سرعت نور در هوا برابر با c باشد. سرعت نور در محیط شفاف برابر است با:

$$V = \left(1 - \frac{40}{100}\right)c = 0.6c$$

بنابراین با توجه به رابطه‌ی بین سرعت نور در یک محیط شفاف و ضریب شکست آن محیط داریم:

$$V = \frac{c}{n} \Rightarrow 0.6c = \frac{c}{n} \Rightarrow n = \frac{5}{3}$$

۷ - گزینه ۲

$$V_p = (1 - 0.2)V_1 = 0.8V_1$$

$$n = \frac{c}{V} \Rightarrow \frac{n_p}{n_1} = \frac{V_1}{V_p} \Rightarrow \frac{n_p}{n_1} = \frac{V_1}{0.8V_1} \Rightarrow n_p = 1.25n_1$$

$$\Delta n = +0.25n_1 \Rightarrow \frac{\Delta n}{n_1} \times 100 = +25\%$$

ضریب شکست محیط شفاف (۲)، ۲۵ درصد بیش‌تر از ضریب شکست محیط شفاف (۱) است.

۸ - گزینه ۱ می‌دانیم سرعت انتشار نور در یک محیط با ضریب شکست آن محیط نسبت وارون دارد. بنابراین داریم:

$$\frac{v_p}{v_1} = \frac{n_1}{n_p} \xrightarrow{n_1 = 2.5, n_p = 2} \frac{v_p}{v_1} = \frac{2.5}{2} = \frac{5}{4} \Rightarrow v_p = \frac{5}{4}v_1$$

$$\Rightarrow \text{درصد تغییرات} = \frac{\Delta v}{v_1} \times 100 = \frac{\frac{5}{4}v_1 - v_1}{v_1} \times 100 = 25\%$$

سرعت نور ۲۵ درصد افزایش می‌یابد.

۹ - گزینه ۳ بسامد نور به ویژگی‌های منبع نور وابسته است و با تغییر محیط شفاف، بسامد نور تغییر نمی‌کند. بنابراین می‌توان نوشت:

$$v = \lambda f \Rightarrow \frac{v_1}{v_p} = \frac{\lambda_1}{\lambda_p} \xrightarrow{v = \frac{c}{n}} \frac{\lambda_1}{\lambda_p} = \frac{n_p}{n_1} \Rightarrow \frac{v}{\lambda} = \frac{n_p}{\lambda} \Rightarrow n_p = \frac{v}{\lambda} = \frac{6}{3}$$

$$v_p = \frac{c}{n_p} = \frac{c}{\frac{6}{3}} \Rightarrow v_p = \frac{c}{2} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

بنابراین داریم:



۱۰ - گزینه ۲ در تغییر محیط برای نور داریم:

$$\frac{x_p}{x_1} = \frac{v_p}{v_1} = \frac{\lambda_p}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_p} \Rightarrow \frac{x_{\text{آب}}}{x_{\text{شیشه}}} = \frac{n_{\text{شیشه}}}{n_{\text{آب}}} \Rightarrow \frac{x_{\text{آب}}}{160} = \frac{3}{4} \Rightarrow x_{\text{آب}} = 120 \text{ cm}$$

۱۱ - گزینه ۳

طبق رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ و $n = \frac{c}{v}$ و ثابت بودن c و f به ترتیب داریم: $\frac{\lambda_p}{\lambda_1} = \frac{v_p}{v_1}$ و $\frac{v_p}{v_1} = \frac{n_1}{n_p}$ پس:

$$\frac{\lambda_p}{\lambda_1} = \frac{v_p}{v_1} = \frac{n_1}{n_p} \rightarrow \frac{\lambda}{\text{محیط شفاف}} = \frac{n}{\text{خلا}} \rightarrow \frac{400}{600} = \frac{1}{n} \rightarrow \text{محیط شفاف } n = \frac{3}{2}$$

۱۲ - گزینه ۴ می‌دانیم فاصله دو جبهه متوالی موج برابر طول موج λ است.

از طرفی هم طول موج به تندی انتشار وابسته است.

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda \propto v$$

$$v = \frac{C}{n} \Rightarrow v \propto \frac{1}{n}$$

تندی انتشار هم با ضریب شکست رابطه عکس دارد.

در نتیجه:

$$\frac{\lambda_A}{\lambda_B} = \frac{v_A}{v_B} = \frac{n_B}{n_A}$$

از طرفی هم چون سه محیط A, B و C مقایسه شده می‌توان گفت:

$$\frac{n_A}{n_C} = \frac{n_A}{n_B} \times \frac{n_B}{n_C}$$

$$\downarrow$$

$$\frac{n_A}{n_C} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} \times \frac{\lambda_C}{\lambda_B}$$

در مقایسه‌های درصدی هم که گفته شد برای سادگی می‌توانیم اولیه را ۱۰۰ فرض کنیم.

پس:

$$B \text{ از } A \rightarrow \lambda_A \rightarrow \lambda_B = 120$$

$$C \text{ از } B \rightarrow \lambda_B = 100 \rightarrow \lambda_C = 80$$

در نتیجه:

$$\frac{n_A}{n_C} = \frac{\lambda_B}{\lambda_A} \times \frac{\lambda_C}{\lambda_B} = \frac{120}{100} \times \frac{80}{100} \Rightarrow \frac{n_A}{n_C} = \frac{96}{100} = \frac{24}{25}$$

۱۳ - گزینه ۲ رابطه ضریب شکست در هر محیط شفاف به صورت $n = \frac{c}{v}$ است. پس برای محاسبه ضریب شکست کافی است سرعت انتشار موج در محیط شفاف با استفاده از نمودارها محاسبه شود:

$$(E, x) \text{ در نمودار } : \frac{\lambda}{2} = 2,88 \times 10^{-8} \Rightarrow \lambda = 5,76 \times 10^{-8} \text{ m}$$

$$(E, t) \text{ در نمودار } : \frac{3T}{4} = 1,8 \times 10^{-8} \Rightarrow T = 2,4 \times 10^{-8} \text{ s}$$

بنابراین سرعت حرکت موج الکترومغناطیسی در این محیط برابر است با:

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{5,76 \times 10^{-8}}{2,4 \times 10^{-8}} = 2,4 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

در نتیجه ضریب شکست این محیط برابر است با:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8}{2,4 \times 10^8} = \frac{5}{4} = 1,25$$

۱۴ - گزینه ۴ باتوجه به ضریب شکست محیط دوم نسبت به ضریب شکست محیط اول، زاویه‌ی شکست می‌تواند 15° از زاویه‌ی تابش کمتر یا بیشتر باشد. داریم:

$$\widehat{D} = |\widehat{\theta}_1 - \widehat{\theta}_2| = 15^\circ \xrightarrow{\widehat{\theta}_1 = 45^\circ} |45^\circ - \widehat{\theta}_2| = 15^\circ \Rightarrow 45^\circ - \widehat{\theta}_2 = \pm 15^\circ \Rightarrow \begin{cases} \widehat{\theta}_2 = 60^\circ \\ \widehat{\theta}_2 = 30^\circ \end{cases}$$

بنابراین داریم:



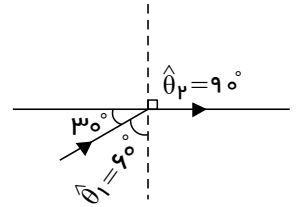
$$\frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{\theta}_r} = \frac{n_r}{n_1} \xrightarrow{\hat{\theta}_1=45^\circ, n_1=2} \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{n_r}{2} \Rightarrow n_r = 2\sqrt{2}$$

$$\frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{r}} = \frac{n_r}{n_1} \xrightarrow{\hat{\theta}_1=45^\circ, n_1=2} \frac{\sin 45^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{n_r}{2} \Rightarrow n_r = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{6}}{3}$$

۱۵ - گزینه ۴ چون پرتو مماس خارج شده است می توان نتیجه گرفت، زاویه پرتو با نیم خط عمود در محیط دوم 90° است، بنابراین داریم:

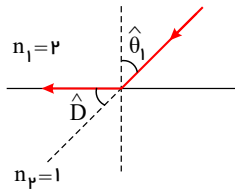
$$n_1 \sin \hat{\theta}_1 = n_r \sin \hat{\theta}_r \Rightarrow \sqrt{3} \times \sin 60^\circ = n_r \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow \sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = n_r \times 1 \Rightarrow n_r = \frac{3}{2}$$



۱۶ - گزینه ۳ زاویه تابش برابر با $120^\circ - 90^\circ = 30^\circ$ است، پس داریم:

$$\frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{\theta}_r} = \frac{n_r}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 30^\circ}{\sin \hat{\theta}_r} = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin \hat{\theta}_r = 1 \Rightarrow \hat{\theta}_r = 90^\circ$$

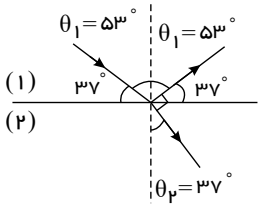


پس زاویه انحراف برابر با $|\hat{\theta}_r - \hat{\theta}_1| = 60^\circ$ می شود.

$$\frac{\hat{\theta}_r}{\hat{D}} = \frac{90^\circ}{60^\circ} = \frac{3}{2} \quad \text{بنابراین:}$$

۱۷ - گزینه ۳

باتوجه به شکل زاویه تابش و بازتابش در محیط (۱) برابر با 53° است. چون پرتو بازتابش بر پرتو شکست عمود است، زاویه شکست در محیط دوم 37° خواهد شد. به کمک قانون اسنل می توان نوشت:

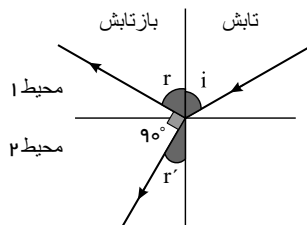


$$n_1 \sin \theta_1 = n_r \sin \theta_r \Rightarrow 2 \sin 53^\circ = n_r \sin 37^\circ$$

$$\Rightarrow 1,2 \times 0,8 = n_r \times 0,6 \Rightarrow n_r = 1,6$$

۱۸ - گزینه ۱

ابتدا یک شکل رسم می کنیم:



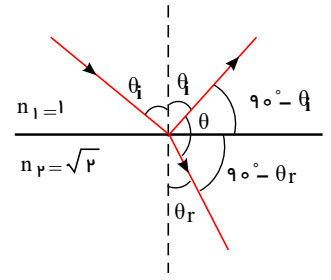
$$\text{قانون بازتاب} \Rightarrow i = r = 60^\circ$$

$$\text{قانون شکست} \Rightarrow \sin i \times n_1 = \sin r' \times n_r \xrightarrow{n_1=1, r+r'=90^\circ \Rightarrow r'=30^\circ, i=r=60^\circ} \sqrt{\frac{3}{2}} = \frac{1}{2} \times n_r \Rightarrow n_r = \sqrt{3}$$

۱۹ - گزینه ۳ ابتدا شکل ساده‌ای از سوال رسم می کنیم. با استفاده از قانون شکست اسنل می توان نوشت:



$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_r}{n_1} \Rightarrow \frac{\sin 45^\circ}{\sin \theta_r} = \frac{\sqrt{2}}{1} \Rightarrow \sin \theta_r = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$

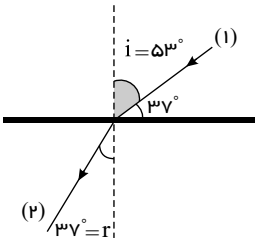


چون مطابق شکل، زاویه‌ی بین پرتوی شکست و بازتاب برابر $(90^\circ - \theta_r) + (90^\circ - \theta_i)$ است، می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \theta_i = 45^\circ &\rightarrow \hat{\theta} = (90^\circ - 45^\circ) + (90^\circ - 30^\circ) \Rightarrow \hat{\theta} = 105^\circ \\ \theta_r = 30^\circ & \end{aligned}$$

۲۰ - گزینه ۴

طبق رابطه شکست عمومی $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$ داریم، \hat{i} زاویه تابش با خط عمود است.



$$\frac{\sin 53^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{v_2} \Rightarrow v_2 = 3 \text{ (بر حسب درصد)} \Rightarrow v_2 = 75 \rightarrow \Delta v = -25\%$$

۲۱ - گزینه ۲ با استفاده از قانون شکست نور و رابطه‌ی سرعت نور در محیط‌های شفاف، داریم:

$$\frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{\theta}_r} = \frac{n_r}{n_1} \xrightarrow{v = \frac{c}{n}} \frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{\theta}_r} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

محیط اول در این سوال هوا و محیط دوم، محیط شفاف است، لذا با استفاده از رابطه‌ی (۱) می‌نویسیم:

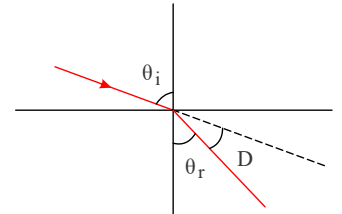
$$\frac{v_r}{v_1} = \frac{\sin \hat{\theta}_r}{\sin \hat{\theta}_1} \xrightarrow{v_1 = c = 3 \times 10^8 \frac{km}{s}} \frac{v_r}{3 \times 10^8} = \frac{\sin 53^\circ}{\sin 74^\circ}$$

$$\xrightarrow{\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha} \frac{v_r}{3 \times 10^8} = \frac{\sin 53^\circ}{2 \sin 37^\circ \cos 37^\circ}$$

$$\Rightarrow \frac{v_r}{3 \times 10^8} = \frac{0.8}{2 \times 0.6 \times 0.8} \Rightarrow v_r = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 0.6} = 2.5 \times 10^8 \frac{km}{s}$$

۲۲ - گزینه ۲ با توجه به زاویه انحراف پرتو نور از مسیر اولیه‌اش، مطابق شکل داریم:

$$\text{زاویه انحراف: } D = \theta_i - \theta_r \Rightarrow 15^\circ = 45^\circ - \theta_r \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$



اکنون با استفاده از قانون شکست اسنل و رابطه سرعت نور در یک محیط شفاف با ضریب شکست آن محیط می‌توان نوشت:

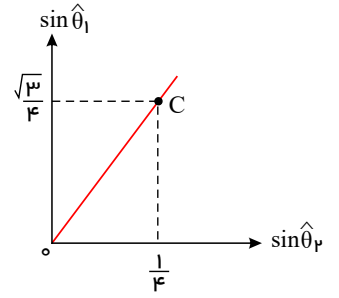
$$n_1 \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r \Rightarrow \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_r}{n_1}$$

$$\frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{3 \times 10^8}{v_r} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{1/2} = \frac{3 \times 10^8}{v_r} \Rightarrow v_r = \frac{3\sqrt{2}}{2} \times 10^8 \text{ m/s}$$

۲۳ - گزینه ۳ با توجه به شکل زیر شیب نمودار برابر است با:



$$\text{شیب نمودار} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{4}}{\frac{1}{4}} = \frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{\theta}_r} \Rightarrow \frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{\theta}_r} = \sqrt{3}$$



از طرف دیگر داریم:

$$\frac{\sin \hat{\theta}_1}{\sin \hat{\theta}_r} = \frac{n_B}{n_A} = \frac{v_A}{v_B} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{n_B}{n_A} = \frac{v_A}{v_B} \Rightarrow \begin{cases} n_B = \sqrt{3}n_A \\ v_A = \sqrt{3}v_B \end{cases}$$

با توجه به محاسبه‌های فوق گزینه‌های (1)، (2) و (4) نادرست است. بنابراین گزینه‌ی (3) درست می‌باشد.

۲۴ - گزینه ۴ با توجه به شکل داریم:

$$\text{شیب خط} = \frac{\sin \hat{\theta}_r}{\sin \hat{\theta}_1} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{4}}{\frac{1}{4}} \Rightarrow \frac{\sin \hat{\theta}_r}{\sin \hat{\theta}_1} = \sqrt{3}$$

طبق قانون اسنل داریم:

$$\frac{\sin \hat{\theta}_r}{\sin \hat{\theta}_1} = \frac{n_A}{n_B} \Rightarrow \frac{n_A}{n_B} = \sqrt{3}$$

بنابراین محیط A از محیط B غلیظتر است و گزینه ۱ نادرست است.

گزینه ۲، نادرست است. چون محیط A از محیط B غلیظتر است پس سرعت نور در آن کمتر است پس می‌توان گفت که سرعت نور در A نمی‌تواند $\sqrt{3}$ برابر در B باشد.

$$v = \frac{c}{n} \Rightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{n_B}{n_A} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow v_B = \sqrt{3}v_A$$

گزینه ۳، نادرست است. چون محیط A از محیط B غلیظتر است. پس نور در محیط B از خط عمود بیشتر فاصله می‌گیرد.

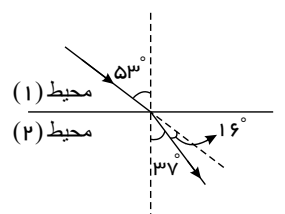
گزینه ۴، درست است.

$$\frac{\sin \hat{\theta}_r}{\sin \hat{\theta}_1} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{v_B}{v_A} \Rightarrow v_B = \sqrt{3}v_A$$

$$\frac{v_B}{v_A} = \frac{\Delta x_B}{\Delta x_A} \times \frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} \Rightarrow \Delta t_A = \sqrt{3}\Delta t_B$$

۲۵ - گزینه ۳ بدیهی است که پرتو بعد از ورود به محیط دوم (که غلیظتر از خلأ است) از راستای اولیه منحرف شده و به خط عمود نزدیک می‌شود. یعنی:

$$\theta_r = \theta_i - 16^\circ \xrightarrow{\theta_i = 53^\circ} \theta_r = 37^\circ$$



از طرفی می‌دانیم که با عبور پرتو از یک محیط به محیط دیگر، بسامد تغییر نمی‌کند، بنابراین با استفاده از قانون شکست عمومی، داریم:

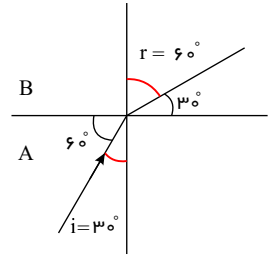
$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{f=\text{ثابت}} \frac{\lambda_r}{\lambda_1} = \frac{v_r}{v_1} = \frac{\sin \theta_r}{\sin \theta_1} = \frac{\sin 37^\circ}{\sin 53^\circ} = \frac{3}{4}$$

$$\xrightarrow{\lambda_r = \lambda_1 - 300 \text{ (km)}} \frac{\lambda_1 - 300}{\lambda_1} = \frac{3}{4} \Rightarrow \lambda_1 = 1200 \text{ km}$$

۲۶ - گزینه ۲ فاصله دو جبهه متوالی همان طول موج (λ) است. پس:



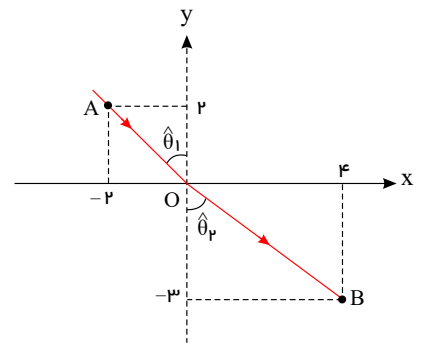
$$\left. \begin{aligned} \frac{X_A}{X_B} &= \frac{\lambda_A}{\lambda_B} \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \frac{X_A}{X_B} = \frac{v_A}{v_B} \\ \frac{\sin i}{\sin r} &= \frac{v_A}{v_B} \xrightarrow{\frac{1}{\sqrt{3}}} \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{v_A}{v_B} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{X_A}{X_B} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$



۲۷ - گزینه ۱ از آنجا که داریم: $\frac{v_p}{v_1} = \frac{n_1}{n_p} = \frac{\sin(\hat{\theta}_p)}{\sin(\hat{\theta}_1)}$ پس باید زاویه تابش و شکست را به دست آوریم و با توجه به مختصات بیان شده از نقاط در صورت سؤال، شکل را تکمیل می‌کنیم:

$$\sin \hat{\theta}_1 = \frac{2}{\sqrt{2^2 + 2^2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\sin \hat{\theta}_p = \frac{4}{\sqrt{3^2 + 3^2}} = \frac{2}{3}$$



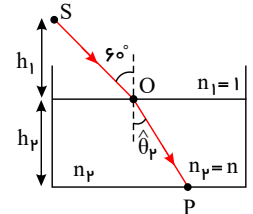
پس داریم:

$$\frac{v_p}{v_1} = \frac{\sin \hat{\theta}_p}{\sin \hat{\theta}_1} = \frac{0.8}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{4\sqrt{2}}{5}$$

۲۸ - گزینه ۳ می‌دانیم حرکت نور در یک محیط معین حرکتی یکنواخت است. پس برای حرکت نور در محیط‌های هوا و مایع می‌توان نوشت:

$$t_1 = t_p \xrightarrow{x=Vt} \frac{SO}{C} = \frac{OP}{V} \xrightarrow{V = \frac{c}{n}} \frac{h_1}{c \cos 60^\circ} = \frac{h_p}{c \cos \hat{\theta}_p}$$

$$\Rightarrow \frac{h_1}{\cos 60^\circ} = \frac{nh_p}{\cos \hat{\theta}_p} \xrightarrow{h_1=h_p} \cos \hat{\theta}_p = n \cos 60^\circ \Rightarrow \cos \hat{r} = \frac{n}{2} \quad (1)$$



با استفاده از قانون شکست نور داریم:

$$n_1 \sin \hat{\theta}_1 = n_p \sin \hat{\theta}_p \Rightarrow 1 \times \sin 60^\circ = n \sin \hat{\theta}_p \Rightarrow n \sin \hat{\theta}_p = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1),(2)} 2 \sin \hat{\theta}_p \cos \hat{\theta}_p = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sin 2\hat{\theta}_p = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow 2\hat{\theta}_p = 60^\circ \Rightarrow \hat{\theta}_p = 30^\circ$$

$$\xrightarrow{(1)} \cos \hat{\theta}_p = \frac{n}{2} \Rightarrow \cos 30^\circ = \frac{n}{2} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{n}{2} \Rightarrow n = \sqrt{3}$$

۲۹ - گزینه ۲ می‌دانیم هرگاه موجی به طور مایل از محیطی با تندی بیشتر وارد محیطی با تندی کمتر شود، پرتو شکست به خط عمود نزدیک شده و زاویه شکست کوچک‌تر از زاویه تابش می‌شود. توجه کنید عکس بیان فوق نیز صحیح است.

مطابق شکل داریم:

(۲) و (۱) در مرز جدایی (1) و (2): $(\theta_1 = 60^\circ) > (\theta_p = 30^\circ) \Rightarrow v_1 > v_p$

(۳) و (۲) در مرز جدایی (۲) و (۳): $(\theta'_p = 30^\circ) < (\theta'_1 = 50^\circ) \Rightarrow v_p < v_p$

(۳) و (۱) در مرز فرضی جدایی (۱) و (۳): $(\theta'_1 = 60^\circ) > (\theta'_p = 50^\circ) \Rightarrow v_1 > v_p$

$$v_1 > v_p > v_p$$

۱ مقایسه سه رابطه بالا داریم:

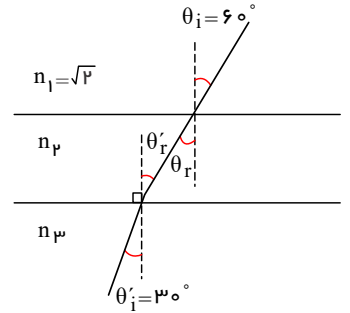


۳۰ - گزینه ۳ با استفاده از قانون شکست اسنل می توان نوشت:

$$\left. \begin{aligned} n_1 \sin \theta_i &= n_p \sin \theta_r \\ n_p \sin \theta'_i &= n_p \sin \theta'_r \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\theta_r = \theta'_r} n_1 \sin \theta_i = n_p \sin \theta'_i$$

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

$$\Rightarrow n_p = \sqrt{6}$$



۳۱ - گزینه ۲ در شکست های متوالی در محیط های موازی مختلف داریم:

$$n_1 \sin \hat{\theta}_1 = n_p \sin \hat{\theta}_p = n_p \sin \hat{\theta}_p = \dots$$

$$\Rightarrow n_1 \sin \hat{\theta}_1 = n_p \sin \hat{\theta}_p \Rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \times \sin \hat{\theta}_p \Rightarrow \hat{\theta}_p = 30^\circ$$

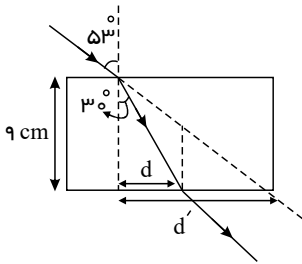
۳۲ - گزینه ۳ طبق قانون شکست اسنل برای محیط های شفاف (۱) و (۲) و همچنین محیط های شفاف (۲) و (۳) داریم:

$$\left. \begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_p \sin \theta_p \\ n_p \sin \theta_p &= n_p \sin \theta_p \end{aligned} \right\} \Rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_p \sin \theta_p$$

$$\xrightarrow{n = \frac{c}{v}} \frac{\sin \theta_1}{v_1} = \frac{\sin \theta_p}{v_p} \Rightarrow \frac{v_p}{v_1} = \frac{\sin \theta_p}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{v_p}{v_1} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} \Rightarrow \frac{v_p}{v_1} = \frac{\sqrt{6}}{2}$$

۳۳ - گزینه ۱ سرعت پرتو نور در هر محیط به زاویه تابش یا زاویه شکست بستگی ندارد و تنها تابعی است از ضریب شکست آن محیط ($v = \frac{c}{n}$). به عبارت دیگر تنها با تغییر ضریب شکست محیط سرعت پرتو نور در آن محیط تغییر می کند. پس تغییر زاویه تابش تأثیری در سرعت پرتو نور در داخل تیغه ندارد.

۳۴ - گزینه ۲



با توجه به این که نور از محیط رقیق وارد محیط غلیظ می شود پس به خط عمود فرضی نزدیک تر خواهد شد و طبق رابطه قانون شکست اسنل، زاویه شکست را محاسبه می کنیم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_p \sin \theta_p$$

$$\Rightarrow 1 \times \frac{1}{10} = \frac{16}{10} \times \sin \theta_p \Rightarrow \theta_p = 30^\circ$$

پرتوی شکست از نقطه ای نزدیک تر نسبت به خط عمود و به صورت موازی با پرتوی اولیه از تیغه خارج خواهد شد. طبق روابط مثلثاتی داریم:

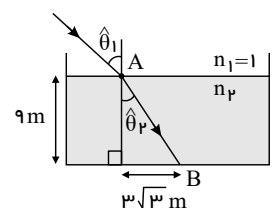
$$\tan 30^\circ = \frac{d}{9} \Rightarrow d = 9 \times \frac{\sqrt{3}}{3} = 3\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$\tan 53^\circ = \frac{d'}{9} \Rightarrow d' = 9 \times \frac{4}{3} = 12 \text{ cm}$$

بنابراین:

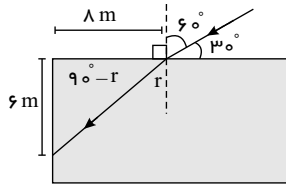
$$d' - d = 12 - 3\sqrt{3} = 12 - 3(1.7) = 6.9 \text{ cm}$$

۳۵ - گزینه ۳ در مثلث تشکیل شده:



$$\tan \theta_p = \frac{3\sqrt{3}}{9} = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \theta_p = 30^\circ$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_p \sin \theta_p \Rightarrow \sin \theta_1 = \sqrt{2} \times \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_1 = 45^\circ$$



زاویه شکست را از شکل محاسبه می‌کنیم و با توجه به این که زاویه تابش ۶۰ درجه است، با نوشتن قانون اسنل، ضریب شکست محیط به دست می‌آید:

$$\tan(90^\circ - \hat{r}) = \frac{6}{8} = \frac{3}{4} \Rightarrow 90^\circ - \hat{r} = 37^\circ \Rightarrow \hat{r} = 53^\circ$$

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow 1 \times \sin 60^\circ = n_2 \times \sin 53^\circ$$

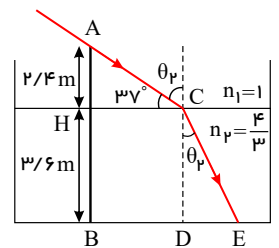
$$\Rightarrow 1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = n_2 \times \frac{4}{5} \Rightarrow n_2 = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{4}{5}} = \frac{5\sqrt{3}}{8}$$

۳۷ - گزینه ۲ پرتوهای نور تابیده شده به سطح جدایی دو محیط، می‌شکنند و پس از شکست به خط عمود نزدیک تر می‌شوند. با استفاده از رابطه قانون شکست نور داریم:

$$n_1 \sin \hat{\theta}_1 = n_2 \sin \hat{\theta}_2 \xrightarrow{n_1=1, n_2=\frac{4}{3}} 1 \times \sin 53^\circ = \frac{4}{3} \times \sin \hat{\theta}_2$$

$$\hat{\theta}_1=53^\circ, \hat{\theta}_2=?$$

$$\Rightarrow \frac{4}{5} = \frac{4}{3} \times \sin \hat{\theta}_2 \Rightarrow \sin \hat{\theta}_2 = \frac{3}{5} \Rightarrow \hat{\theta}_2 = 37^\circ$$



حال با بررسی هندسه شکل بالا، طول سایه میله در کف استخر (BE) را محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta AHC \text{ در مثلث: } \tan 37^\circ = \frac{AH}{HC} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{2/4}{HC} \Rightarrow HC = \frac{4 \times 2/4}{3} \Rightarrow HC = 3/2 \text{ m}$$

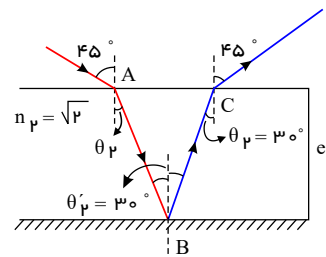
چون چهارضلعی HCDB مستطیل است، لذا داریم: $HC = BD = 3/2 \text{ m}$

$$\Delta CDE \text{ در مثلث: } \tan 37^\circ = \frac{DE}{CD} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{DE}{3/6} \Rightarrow DE = \frac{3 \times 3/6}{4} \Rightarrow DE = 2/7 \text{ m}$$

در نتیجه طول سایه‌ای از میله که بر کف استخر می‌افتد، برابر است با:

$$\text{طول سایه} = BE = BD + DE = 3/2 + 2/7 = 5/9 \text{ m}$$

ابتدا زاویه شکست در تیغه را به دست می‌آوریم:



$$n_1 \sin \hat{\theta}_1 = n_2 \sin \hat{\theta}_2$$

$$\xrightarrow{n_1=1, \hat{\theta}_1=45^\circ} 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \sin \hat{\theta}_2$$

$$n_2=\sqrt{2}, \hat{\theta}_2=?$$

$$\Rightarrow \sin \hat{\theta}_2 = \frac{1}{2} \Rightarrow \hat{\theta}_2 = 30^\circ$$

باتوجه به تقارن می‌توان نتیجه گرفت پرتو هنگام شکست در نقطه C نیز با زاویه شکست ۴۵ درجه از تیغه خارج می‌شود. باتوجه به شکل داریم:

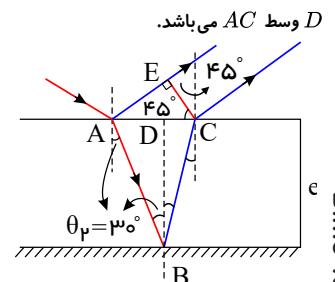
$$\Delta AEC: \cos 45^\circ = \frac{EC}{AC} \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{6}}{AC} \Rightarrow AC = 2\sqrt{3} \text{ cm}$$

$$AD = \frac{AC}{2} \Rightarrow AD = \sqrt{3} \text{ cm}$$

$$\Delta ABD: \tan 30^\circ = \frac{AD}{DB}$$

$$\Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{\sqrt{3}}{e}$$

$$\Rightarrow e = 3 \text{ cm}$$



۳۹ - گزینه ۲ ابتدا زاویه شکست هر پرتو را به دست می‌آوریم:



قرمز : $n \sin \hat{\theta}_1 = n' \sin \hat{\theta}_v$

$$\hat{\theta}_1 = 60^\circ, n=1 \rightarrow \sin 60^\circ = \frac{5\sqrt{3}}{\lambda} \sin \hat{\theta}_v \Rightarrow \sin \hat{\theta}_v = \frac{\lambda}{5\sqrt{3}} \sin 60^\circ = \frac{\lambda}{5} \sin 53^\circ = \frac{\lambda}{5} \rightarrow \hat{\theta}_v = 53^\circ$$

$$n' = \frac{5\sqrt{3}}{\lambda}$$

بنفش : $n \sin \hat{\theta}_1 = n'' \sin \hat{\theta}'_1 \xrightarrow{n=1, \hat{\theta}_1=60^\circ} \sin 60^\circ = \frac{5\sqrt{3}}{6} \sin \hat{\theta}'_1$

$$n'' = \frac{5\sqrt{3}}{6}$$

$$\Rightarrow \sin \hat{\theta}'_1 = \frac{3}{5} \xrightarrow{\sin 37^\circ = \frac{3}{5}} \hat{\theta}'_1 = 37^\circ$$

دو پرتو به صورت موازی باهم با زاویه شکست 60° از تیغه خارج می‌شوند.

فاصله دو پرتو از یکدیگر : $l = (d_v - d_1) \cos 60^\circ$

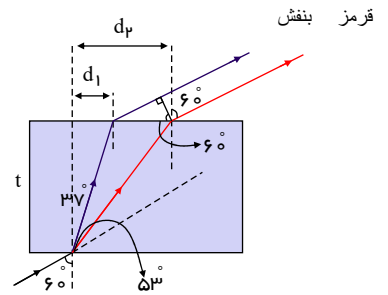
$$\tan 53^\circ = \frac{d_v}{t} \rightarrow l = t(\tan 53^\circ - \tan 37^\circ) \cos 60^\circ$$

$$\tan 37^\circ = \frac{d_1}{t}$$

$$t = 24 \text{ cm}, \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\rightarrow l = 24 \left(\frac{4}{3} - \frac{3}{4} \right) \times \frac{1}{2} = 7 \text{ cm}$$

$$\tan 53^\circ = \frac{4}{3}, \tan 37^\circ = \frac{3}{4}$$



۴۰ - گزینه ۱ بررسی موارد نادرست:

مورد اول: ضریب شکست نور در هر محیطی به جز خلأ به طول موج نور بستگی دارد.

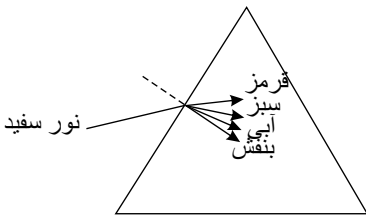
مورد سوم: می‌دانیم (در هر محیط به جز خلأ) $\lambda \propto \frac{1}{n}$ پس $n_{\text{آبی}} < n_{\text{سبز}}$ $\rightarrow \lambda_{\text{آبی}} > \lambda_{\text{سبز}}$

مورد چهارم: می‌دانیم (در هر محیط به جز خلأ) $\lambda \propto v$ پس: $v_{\text{قرمز}} < v_{\text{بنفش}} \rightarrow \lambda_{\text{بنفش}} < \lambda_{\text{قرمز}}$

۴۱ - گزینه ۲ جمله‌های اول و سوم صحیح و جمله‌های دوم و چهارم نادرست هستند.

علت نادرستی جمله‌های دوم و چهارم:

عبارت دوم: انحراف نور آبی بیش‌تر از انحراف نور سبز است بنابراین ضریب شکست منشور برای نور آبی بیش‌تر از ضریب شکست منشور برای نور سبز است.
عبارت چهارم:



$$v = \frac{c}{n}$$

قرمز $V < V_{\text{بنفش}} \rightarrow n_{\text{قرمز}} > n_{\text{بنفش}} \Rightarrow$ انحراف قرمز $>$ انحراف بنفش

۴۲ - گزینه ۱ ضریب شکست منشور برای نور سبز بیشتر از نور زرد می‌باشد و در نتیجه انحراف نور سبز از نور زرد بیشتر خواهد بود.

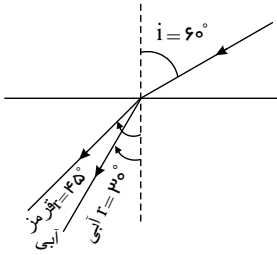
۴۳ - گزینه ۳ به تجزیه نور سفید به رنگ‌های مختلف توسط منشور یا تیغه‌ی متوازی‌السطوح که ضخامت آن زیاد باشد را پاشندگی نور می‌گویند. علت پاشندگی نور هم آن است که ضریب شکست منشور یا تیغه (با ضخامت زیاد) برای نور به رنگ‌های مختلف، متفاوت است. لذا انحراف رنگ‌های مختلف نور سفید نیز متفاوت خواهد بود به طوری که بیشترین انحراف مربوط به نور بنفش و کمترین انحراف مربوط به نور قرمز است. در گزینه (۴) نیز نور سفید در تیغه‌ی متوازی‌السطوح تجزیه می‌شود.

۴۴ - گزینه ۲ با ورود نور زرد از هوا به محیطی با ضریب شکست n ، پرتو شکست به خط عمود نزدیک می‌شود، پس گزینه‌های (۱) و (۳) از نظر فیزیکی امکان ندارد. از طرفی می‌دانیم که هرچه بسامد نور بیشتر باشد، انحراف بیشتری نیز دارد، پس نور سبز نسبت به نور قرمز بیشتر منحرف شده و به خط عمود نزدیک‌تر می‌شود. پس فقط گزینه (۲) از نظر فیزیکی امکان پذیر است.

۴۵ - گزینه ۱ ضریب شکست هوا برای همه نورها یکسان است اما ضریب شکست شیشه برای نور آبی از قرمز بیشتر است در تغییر هنگام شکست نور چون تغییر ضریب شکست برای نور آبی از قرمز بیشتر است، نور آبی بیشتر از نور قرمز منحرف می‌شود.



با توجه به رابطه $\sin i \times n_1 = \sin r \times n_2$ تعداد زاویه شکست هر دو نور را پیدا می‌کنیم.



$$\text{قرمز} \Rightarrow \sin 6^\circ \times 1 = \sin r \times \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$$\sqrt{\frac{3}{2}} = \sin r \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \Rightarrow r_{\text{قرمز}} = 45^\circ$$

$$\text{آبی} \Rightarrow \sin 6^\circ \times 1 = \sin r \times \sqrt{3}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times 1 = \sin r \times \sqrt{3} \rightarrow r_{\text{آبی}} = 30^\circ$$

$$\text{زاویه پرتو شکست قرمز و آبی} = 45^\circ - 30^\circ = 15^\circ$$

۴۷ - گزینه ۳ در پدیده سراب هوای نزدیک زمین گرم و دمای آن افزایش و در نتیجه منبسط شده و غلظت و چگالی آن کاهش می‌یابد ($\rho = \frac{m}{V}$) با کاهش غلظت ضریب شکست نیز

کاهش می‌یابد. اما تندی انتشار موج افزایش می‌یابد. ($n = \frac{c}{v}$)

در ضمن از هر آنچه که با چشم به سادگی قابل دیدن باشد، می‌توان به سادگی عکس گرفت. (اما برعکس این قضیه همواره درست نیست.)

پاسخنامه کلیدی

۱ - ۲	۸ - ۱	۱۵ - ۴	۲۲ - ۲	۲۹ - ۲	۳۶ - ۱	۴۳ - ۳
۲ - ۲	۹ - ۳	۱۶ - ۳	۲۳ - ۳	۳۰ - ۳	۳۷ - ۲	۴۴ - ۲
۳ - ۳	۱۰ - ۲	۱۷ - ۳	۲۴ - ۴	۳۱ - ۲	۳۸ - ۴	۴۵ - ۱
۴ - ۱	۱۱ - ۳	۱۸ - ۱	۲۵ - ۳	۳۲ - ۳	۳۹ - ۲	۴۶ - ۳
۵ - ۳	۱۲ - ۴	۱۹ - ۳	۲۶ - ۲	۳۳ - ۱	۴۰ - ۱	۴۷ - ۳
۶ - ۲	۱۳ - ۲	۲۰ - ۴	۲۷ - ۱	۳۴ - ۲	۴۱ - ۲	
۷ - ۲	۱۴ - ۴	۲۱ - ۲	۲۸ - ۳	۳۵ - ۳	۴۲ - ۱	