



فصل ۸

۱۹۱

مغناطیس



فصل ۹

۲۱۱

القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب



فصل ۱۰

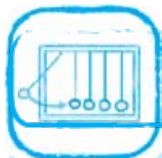
حرکت بر خط راست



فصل ۱۱

۲۹۳

دینامیک و حرکت دایره‌ای



فصل ۱۲

۲۲۵

نوسان و موج



فصل ۱۳

۳۶۰

برهم‌کنش‌های موج



فصل ۱۴

۳۸۶

آشنایی با فیزیک اتمی



فصل ۱۵

۴۰۳

آشنایی با فیزیک هسته‌ای



فصل ۱

۷

فیزیک و اندازه‌گیری



فصل ۲

۲۰

ویژگی‌های فیزیکی مواد



فصل ۳

۵۱

کار، انرژی و توان



فصل ۴

۶۸

دما و گرما



فصل ۵

۹۸

ترمودینامیک



فصل ۶

۱۱۷

الکتریسیته ساکن



فصل ۷

۱۵۰

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

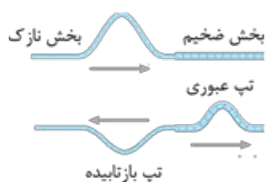
درس ۲

شکست موج و پراش موج

شکست موج

تغییر محیط انتشار موج: وقتی محیط انتشار موج تغییر می‌کند، بخشی از آن به محیط دوم راه پیدا می‌کند و بخشی از آن از مرز جدایی دو محیط بازتابیده می‌شود. بسیاری از ویژگی‌های موج راه‌یافته به محیط دوم با موج اولیه فرق دارد.

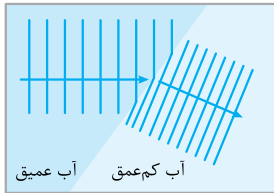
نمونه ۱ در شکل مقابل، دو طناب نازک و ضخیم به هم متصل‌اند و تپی در طناب نازک ایجاد شده است. بخشی از تپ از طناب ضخیم عبور می‌کند و بخشی از آن به طور وارونه برمی‌گردد. بسامد موج‌های جدید با موج اولیه برابر است. از طرفی چون چگالی خطی جرم طناب ضخیم، بیشتر از طناب نازک است، تندی انتشار موج در طناب ضخیم و طول موج آن نسبت به موج اولیه کم‌تر است.



$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \xrightarrow{\mu_{\text{نازک}} < \mu_{\text{ضخیم}}} v_{\text{نازک}} < v_{\text{ضخیم}} \xrightarrow{\lambda_{\text{نازک}} = \frac{v}{f} = \frac{v_{\text{نازک}}}{f_{\text{نازک}}}, \lambda_{\text{ضخیم}} = \frac{v}{f_{\text{ضخیم}}}} \lambda_{\text{نازک}} < \lambda_{\text{ضخیم}}$$

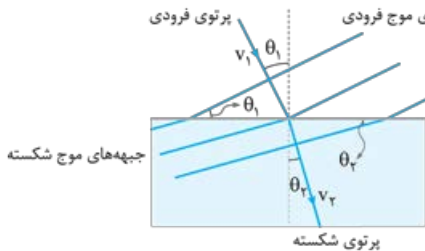
انرژی تپ‌های ثانویه از تپ اولیه کم‌تر است و به همین دلیل در شکل بالا، دامنه موج اولیه از دامنه موج‌های ثانویه بزرگ‌تر است. **شکست موج:** اگر موجی که در محیط‌های دو یا سه‌بعدی منتشر می‌شود، به طور مایل از یک محیط وارد محیط دیگری شود، جهت انتشار آن تغییر می‌کند و اصطلاحاً شکست پیدا می‌کند. در اثر این رویداد، تندی موج و طول موج موج تغییر می‌کند.

نمونه ۲ یک تیغه شیشه‌ای ضخیم را در گوشه‌ای از یک تشت موج قرار می‌دهیم به طوری که عمق آب در بالای شیشه به طرز محسوسی کم‌تر از عمق آب در جاهای دیگر تشت باشد. در همین حال امواج تختی را بر سطح آب‌های عمیق‌تر ایجاد می‌کنیم. زمانی که امواج به آب‌های کم‌عمق وارد می‌شوند، بسامد آن‌ها تغییر نمی‌کند، اما تندی و در نتیجه طول موج آن‌ها کاهش می‌یابد و مطابق شکل مقابل، فاصله بین جبهه‌های موج کم می‌شود و به این ترتیب جبهه‌های موج تغییر جهت می‌دهند.



قانون شکست عمومی

مطابق شکل مقابل، اگر موج به طور مایل از یک محیط وارد محیط دیگری شود، در لحظه عبور از مرز دو محیط تغییر مسیر می‌دهد. زاویه پرتوی فرودی با خط عمود بر مرز دو محیط (زاویه جبهه‌های موج فرودی با مرز دو محیط) را «زاویه تابش» (θ_1) و زاویه پرتوی شکسته با خط عمود بر مرز دو محیط (زاویه جبهه‌های موج شکسته با مرز دو محیط) را «زاویه شکست» (θ_2) می‌نامند. در شکل مقابل θ_1 را با θ_2 و v_1 را با v_2 نشان داده‌ایم. طبق قانون شکست عمومی اگر تندی انتشار موج فرودی را با v_1 و تندی انتشار موج شکسته را با v_2 نشان دهیم، رابطه مقابل برقرار است:



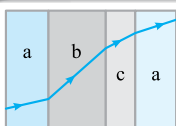
$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$v_2 > v_1 \Rightarrow \theta_2 > \theta_1$$

$$v_2 < v_1 \Rightarrow \theta_2 < \theta_1$$

اگر تندی موج در اثر تغییر محیط افزایش یابد، زاویه شکست بزرگ‌تر از زاویه تابش می‌شود: و اگر تندی موج در اثر تغییر محیط کاهش یابد، زاویه شکست کوچک‌تر از زاویه تابش می‌شود:

تست شکل روبه‌رو یک پرتوی موج الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با عبور از محیط اولیه **a** از طریق محیط‌های **b** و **c** به محیط **a** بازمی‌گردد. کدام مقایسه بین تندی موج در سه محیط **a**، **b** و **c** درست است؟ (مرز جدایی محیط‌ها با هم موازی اند.)



$$v_b > v_c > v_a \quad (f)$$

$$v_b > v_a > v_c \quad (c)$$

$$v_a > v_c > v_b \quad (2)$$

$$v_a > v_b > v_c \quad (1)$$

پاسخ گزینه ۱ هر چه زاویه پرتو با خط عمود کم‌تر باشد، تندی نور در آن محیط کم‌تر است. بنابراین با توجه به شکل روبه‌رو داریم:

$$\theta_b > \theta_c > \theta_a \Rightarrow v_b > v_c > v_a$$

ضریب شکست: نسبت تندی نور در خلأ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) به تندی نور در یک محیط را ضریب شکست آن محیط می‌گویند و آن را با n نشان می‌دهند:

$$n = \frac{\text{تندی نور در خلأ}}{\text{تندی نور در یک محیط}} \Rightarrow n = \frac{c}{v}$$

هر چه ضریب شکست یک محیط کم‌تر باشد، تندی نور در آن محیط بیشتر است.

$$v = \frac{c}{n} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

نکته ۱ اگر تندی نور در دو محیط (۱) و (۲) را با v_1 و v_2 نشان دهیم، آن‌گاه:

نکته ۲ تندی نور در خلأ بیشینه و برابر $v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ است؛ بنابراین، ضریب شکست خلأ کم‌ترین مقدار ممکن و برابر ۱ است:

$$n_{\text{خلأ}} = n_{\text{min}} = 1 \Rightarrow n \text{ محیط‌های مادی} > 1$$

ضریب شکست اغلب گازها اندکی بزرگ‌تر از ۱ است و ضریب شکست هوا با تقریب مناسبی برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود: $n_{\text{هوا}} = 1$

تست اگر ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ و تندی نور در آب 225000 km/s باشد، تندی نور در شیشه چند کیلومتر بر ثانیه است؟ (ضریب شکست شیشه $\frac{3}{2}$ است.)

(آزاد ریاضی ■ ۸۷)

$$\frac{1}{4} \times 10^5 \quad (4)$$

$$2 \times 10^5 \quad (3)$$

$$4 \times 10^5 \quad (2)$$

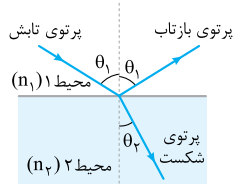
$$\frac{1}{2} \times 10^5 \quad (1)$$

پاسخ گزینه ۳ مشخصات وابسته به شیشه را با v_g و مشخصات وابسته به آب را با v_w بیرون نشان می‌دهیم و با استفاده از نکته ۱، می‌نویسیم:

$$\frac{v_g}{v_w} = \frac{n_w}{n_g} \Rightarrow \frac{v_g}{225000} = \frac{4}{3} \Rightarrow v_g = 225000 \times \frac{4}{3} = 300000 \text{ km/s} \Rightarrow v_g = 3 \times 10^5 \text{ km/s}$$

قانون شکست اسنل

وقتی نور به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد، مطابق شکل مقابل، بخشی از آن وارد محیط دوم می‌شود و بخشی از آن بازتابیده می‌شود. اگر ضریب شکست محیط‌های اول و دوم را به ترتیب با n_1 و n_2 نشان دهیم، آن‌گاه:



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \\ \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

اگر نور از محیطی با ضریب شکست کم‌تر به محیطی با ضریب شکست بیشتر بتابد (مثلاً از هوا به آب بتابد)، به خط عمود نزدیک می‌شود:

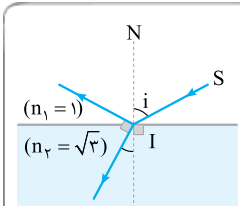
$$n_2 > n_1 \Rightarrow \theta_2 < \theta_1$$

و اگر نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر به محیطی با ضریب شکست کم‌تر بتابد (مثلاً از آب وارد هوا شود)، از خط عمود دور می‌شود:

$$n_2 < n_1 \Rightarrow \theta_2 > \theta_1$$

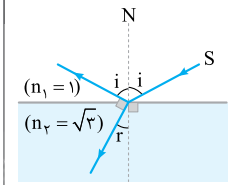
$$D = |\theta_2 - \theta_1|$$

زاویه انحراف پرتوی (D) برابر بزرگی تفاضل زاویه‌های تابش و شکست است:



تست در شکل روبه‌رو، پرتوی SI به سطح یک محیط شفاف تابیده است؛ به طوری که قسمتی از آن بازتاب پیدا کرده و به محیط اول برگشته و قسمتی نیز شکسته و وارد محیط دوم شده است. اگر پرتوهای بازتاب و شکست بر هم عمود باشند، زاویه تابش (i) چند درجه است؟ (سراسری ریاضی ۸۶)

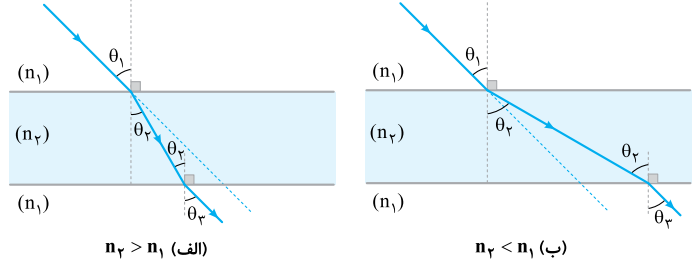
- ۱۵ (۱)
- ۳۰ (۲)
- ۴۵ (۳)
- ۶۰ (۴)



پاسخ گزینه ۳ پرتوی تابش و بازتاب، زاویه‌های برابر با خط N درست می‌کنند. (چرا؟) لذا می‌توان شکل را به صورت مقابل نشان داد. از روی شکل مشخص است:
 از طرفی، طبق قانون اسنل:
 $n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow 1 \times \sin i = \sqrt{3} \times \sin(90^\circ - i) \Rightarrow \sin i = \sqrt{3} \cos i \Rightarrow \tan i = \sqrt{3} \Rightarrow i = 60^\circ$

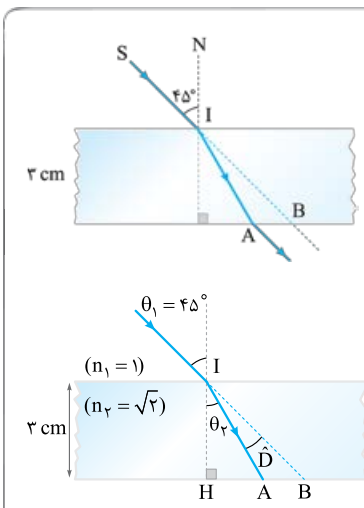
تیغه متوازی‌السطوح

تیغه متوازی‌السطوح به فضای بین دو سطح تخت موازی می‌گویند که ماده‌ای با ضریب شکست متفاوت از محیط، آن را اشغال کرده باشد. برای مثال، یک تیغه شیشه‌ای با سطوح تخت موازی را می‌توان یک تیغه متوازی‌السطوح محسوب کرد. اگر یک پرتو از تیغه متوازی‌السطوح عبور کند و دوباره وارد محیط اول شود، به موازات پرتوی اولیه به حرکت خود ادامه می‌دهد؛ یعنی زاویه‌ای که نور در هنگام ورود به تیغه، با خط عمود می‌سازد با زاویه‌ای که هنگام خروج از تیغه، با خط عمود می‌سازد برابر است.



برای اثبات کافی است به یکی از شکل‌های مقابل توجه کنید و قانون اسنل را دو بار بنویسید. یک بار هنگام ورود نور از محیط اول به دوم و بار دیگر هنگام ورود نور از محیط دوم به محیط سوم. (که در واقع همان محیط اول است.)

$$\begin{cases} n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \\ n_2 \sin \theta_2 = n_1 \sin \theta_3 \end{cases} \Rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_1 \sin \theta_3 \Rightarrow \theta_1 = \theta_3$$



تست در شکل روبه‌رو، پرتوی SI با زاویه تابش 45° ، به سطح یک تیغه شیشه‌ای به ضخامت ۳ cm می‌تابد و در نقطه A از تیغه خارج می‌شود. اگر راستای SI در نقطه B از شیشه خارج شود، AB چند سانتی‌متر است؟ ($\sqrt{2}$ = ضریب شکست تیغه شیشه‌ای) (سراسری ریاضی ۹۱)

- $\sqrt{3}$ (۱)
- $3 - \sqrt{3}$ (۲)
- $2\sqrt{3}$ (۴)
- $1 + \sqrt{3}$ (۳)

پاسخ گزینه ۲ کام اول براساس شکل زیر، زاویه شکست پرتو در محیط (۲) را به دست می‌آوریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \times \sin \theta_2 \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_2 = 30^\circ$$

کام دوم در مثلث قائم‌الزاویه IHA می‌توان نوشت:

$$\tan \theta_2 = \frac{AH}{IH} \Rightarrow \tan 30^\circ = \frac{AH}{3} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{AH}{3} \Rightarrow AH = \sqrt{3} \text{ cm}$$

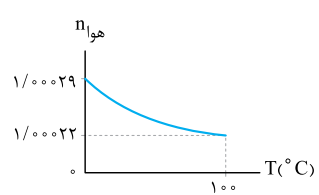
کام سوم در مثلث قائم‌الزاویه IHB می‌توان نوشت:

$$\tan(\theta_2 + D) = \frac{BH}{IH} \xrightarrow{\theta_2 + D = \theta_1 = 45^\circ} \tan 45^\circ = \frac{BH}{3} \Rightarrow 1 = \frac{BH}{3} \Rightarrow BH = 3 \text{ cm}$$

کام چهارم طول AB به صورت روبه‌رو به دست می‌آید:
 $AB = BH - AH \Rightarrow AB = (3 - \sqrt{3}) \text{ cm}$

سراب

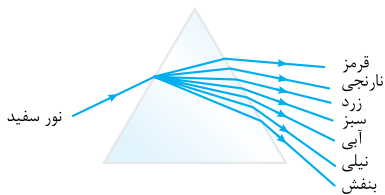
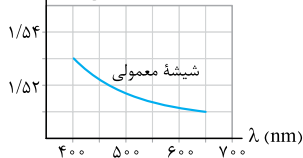
وابستگی ضریب شکست هوا به دما: هر چه دمای هوا بالاتر باشد، چگالی هوا و ضریب شکست آن کم‌تر است. شکل مقابل نمودار تغییرات ضریب شکست هوا با دما را نشان می‌دهد.



پاشندگی نور (الف)، اگر نور از لایه هوای گرم وارد لایه هوای گرم تر شود (ب)، اگر نور هوای گرم تر را به سمت هوای گرم کند ($n_2 > n_1$)، به خط عمود نزدیک می شود ($\theta_2 < \theta_1$)، اگر نور هوای گرم تر را به سمت هوای گرم کند ($n_2 > n_1$)، به خط عمود دور می شود ($\theta_2 > \theta_1$) و مطابق شکل (ب)، اگر نور هوای گرم تر را به سمت هوای گرم کند ($n_2 > n_1$)، به خط عمود نزدیک می شود ($\theta_2 < \theta_1$)، اگر نور هوای گرم تر را به سمت هوای گرم کند ($n_2 > n_1$)، به خط عمود دور می شود ($\theta_2 > \theta_1$) و مطابق شکل (ب).

سراب: شکل زیر مدل ساده شده ای از حرکت یک پرتوی نور در یک روز گرم تابستانی است که نشان می دهد پدیده سراب چگونه اتفاق می افتد. در یک روز گرم، لایه های هوای مجاور سطح زمین گرم تر از لایه های هوای بالاتر هستند؛ بنابراین ضریب شکست هوا در نزدیکی سطح زمین کم تر و تندی نور در این ناحیه بیشتر از مناطق بالاتر است. در نتیجه بخش های پایینی جبهه های موج سریع تر از بخش های بالایی حرکت می کنند و هر چه به سطح زمین نزدیک تر می شوند، فاصله بین جبهه های موج متوالی بیشتر می شود. پرتوی نوری که از نوک درخت به سمت پایین می آید، باید عمود بر جبهه های موج حرکت کند، بنابراین مسیری مطابق شکل مقابل را می پیماید تا به چشم ناظر برسد. انسان اجسام را در راستای پرتوهایی می بیند که به چشم او می رسند؛ بنابراین، تصویر A را در A' می بیند و حس می کند تصویر درخت را بر سطح زمین می بیند.

وابستگی ضریب شکست محیط مادی به طول موج: ضریب شکست یک محیط مادی شفاف برای طول موج های مختلف با هم فرق دارد. عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج های کوتاه تر، بیشتر است.



نمونه شکل مقابل نمودار تغییرات ضریب شکست شیشه معمولی را بر حسب طول موج نور مرئی نشان می دهد. شکل نشان می دهد ضریب شکست شیشه برای نور بنفش، بیشینه و برای نور قرمز، کمینه است.

پاشندگی نور در منشور: اگر یک نور مرکب (شامل چند طول موج) به طور مایل از یک محیط وارد محیط دیگر شود، به نورهای سازنده آن تجزیه می شود. به این پدیده «پاشندگی نور» می گویند. شکل مقابل نحوه پاشندگی نور مرکب توسط منشور را نشان می دهد.

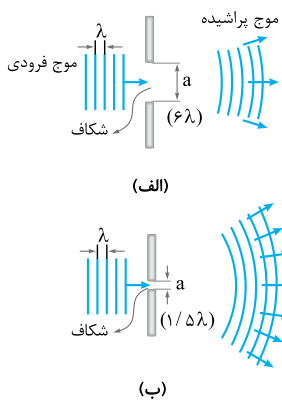
تست در شکل روبه رو، دو پرتوی آبی و قرمز رنگ با زاویه تابش یکسان از هوا به سطح آب می تابند. وضعیت دو پرتو در آب چگونه است؟

(۱) همگرا (۲) واگرا (۳) موازی (۴) ابتدا همگرا، سپس واگرا

پاسخ گزینه ۲: ضریب شکست آب برای نور آبی بیشتر از نور قرمز است. بنابراین، نور آبی بیشتر از نور قرمز می شکند و به خط عمود نزدیک تر می شود. به بیان ریاضی، اگر زاویه شکست پرتوی آبی را با θ_b و زاویه شکست پرتوی قرمز را با θ_r نشان دهیم، داریم:

$$\begin{cases} n_{\text{آبی}} \sin \theta_1 = n_{\text{آبی}} \sin \theta_b \\ n_{\text{آبی}} \sin \theta_1 = n_{\text{قرمز}} \sin \theta_r \end{cases} \Rightarrow n_{\text{آبی}} \sin \theta_b = n_{\text{قرمز}} \sin \theta_r \xrightarrow{n_{\text{آبی}} > n_{\text{قرمز}}} \sin \theta_b < \sin \theta_r \Rightarrow \theta_b < \theta_r$$

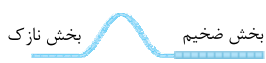
با این حساب، دو پرتو در آب به صورت واگرا از هم فاصله می گیرند.



پرسش‌های چهارگزینه‌ای



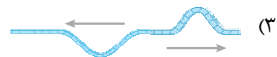
۲۳۲۵- شکل مقابل، عبور یک تپ در طول طنابی را نشان می‌دهد که از دو بخش، یکی نازک و دیگری ضخیم تشکیل شده است. کدام شکل تپ عبوری و تپ بازتابیده در این طناب را به درستی نشان می‌دهد؟ (جنس طناب در تمام طول آن یکسان است)



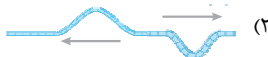
(کتاب درسی ■)



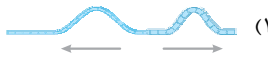
(۴)



(۳)



(۲)



(۱)

۲۳۲۶- در شکل مقابل، تپی در بخش ضخیم یک طناب مرکب در جهت نشان داده شده در حال انتشار است. جنس دو قسمت طناب یکسان است. اگر بسامد و طول موج تپ بازتابیده به ترتیب f_1 و λ_1 و همین کمیت‌ها برای تپ عبوری به ترتیب f_2 و λ_2 باشند، کدام گزینه درست است؟



(کتاب درسی ▲)

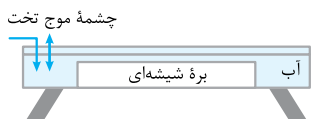
(۴) $\lambda_2 < \lambda_1, f_2 = f_1$

(۳) $\lambda_2 = \lambda_1, f_2 = f_1$

(۲) $\lambda_2 < \lambda_1, f_2 > f_1$

(۱) $\lambda_2 = \lambda_1, f_2 > f_1$

۲۳۲۷- در تشت موج شکل مقابل به کمک یک نوسان‌ساز تیغه‌ای که با بسامد 5 Hz کار می‌کند، امواج تختی ایجاد می‌کنیم، به طوری که فاصله بین دو برآمدگی متوالی آن برابر با 10 cm می‌شود. اکنون بره‌ای شیشه‌ای را در کف این تشت قرار می‌دهیم. اگر تندی امواج در ناحیه کم‌عمق، $4/0$ برابر تندی امواج در ناحیه عمیق باشد، به ترتیب تندی و طول موج امواج در ناحیه کم‌عمق چند سانتی‌متر بر ثانیه و چند سانتی‌متر می‌شود؟



(کتاب درسی ■)

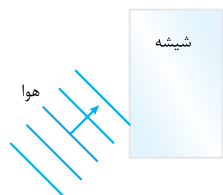
(۴) $25, 50$

(۳) $4, 50$

(۲) $25, 20$

(۱) $4, 20$

۲۳۲۸- در شکل مقابل، موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می‌شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط بازمی‌تابد و بخشی دیگر شکست می‌یابد و وارد شیشه می‌شود. کدام یک از مشخصه‌های زیر برای موج بازتابیده و موج شکست یافته یکسان است؟



(کتاب درسی ■)

(۲) طول موج

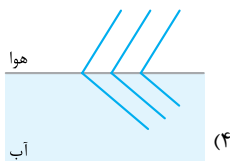
(۱) تندی

(۴) بسامد

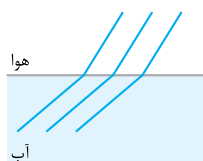
(۳) امتداد

۲۳۲۹- نوری به طور مایل از هوا به آب می‌تابد. کدام شکل جبهه‌های موج در این دو محیط را به درستی نشان می‌دهد؟

(کتاب درسی ▲)



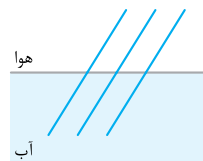
(۴)



(۳)

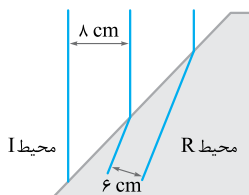


(۲)



(۱)

۲۳۳۰- شکل مقابل، جبهه‌های موجی را نشان می‌دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده‌اند. اگر بسامد چشمه موج 10 Hz باشد، با ورود موج از محیط I به محیط R تندی موج چند سانتی‌متر بر ثانیه و چگونه تغییر می‌کند؟



(کتاب درسی ▲)

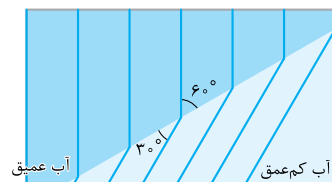
(۲) افزایش

(۱) کاهش

(۴) افزایش

(۳) کاهش

۲۳۳۱- شکل مقابل، طرحی از شکست امواج سطحی در مرز آب عمیق و آب کم‌عمق را نشان می‌دهد. تندی موج سطحی در آب عمیق چند برابر تندی موج سطحی در آب کم‌عمق است؟



(کتاب درسی ▲)

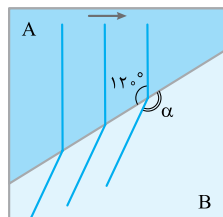
(۱) $\sqrt{2}$

(۲) $\sqrt{3}$

(۳) ۲

(۴) ۳

۲۳۳۲- شکل روبه‌رو نمای بالا از جبهه‌های تخت متوالی را در سطح آب یک تشت موج نشان می‌دهد که عمق بخش‌های A و B در آن یکسان نیست. اگر تندی موج عرضی در سطح آب بخش‌های A و B به ترتیب 30 cm/s و $10\sqrt{3} \text{ cm/s}$ باشد، عمق آب در بخش کم‌تر از بخش دیگر بوده و زاویه α در شکل برابر با است.



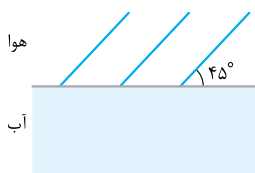
(۲) $15^\circ - A$

(۱) $135 - A$

(۴) $15^\circ - B$

(۳) $135 - B$

۲۳۳۳- مطابق شکل مقابل جبهه‌های تخت یک موج صوتی از هوا وارد آب شده و پس از ورود به محیط دوم 8° از امتداد انتشار اولیه منحرف می‌شوند. تندی صوت در آب چند متر بر ثانیه است؟ $(\sin 37^\circ = 0/6, \sqrt{2} = 1/4)$ تندی صوت در هوا را 336 m/s در نظر بگیرید.

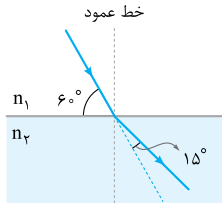


(۲) 384

(۱) 288

(۴) 392

(۳) 294



۲۳۳۴- مطابق شکل روبه‌رو، پرتوی نوری از محیط (۱) وارد محیط (۲) می‌شود. طول موج نور در محیط (۲)

(سراسری ریاضی ۹۹)

(۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$
 (۲) $\frac{1}{2}$
 (۳) $\frac{1}{2}$
 (۴) $\frac{1}{2}$

چند برابر طول موج نور در محیط (۱) است؟

(۱) $\sqrt{2}$
 (۲) $\frac{1}{2}$
 (۳) $\frac{1}{2}$
 (۴) $\frac{1}{2}$

۲۳۳۵- طول موج نور قرمز لیزر هلیوم - نئون در هوا حدود ۶۲۵ nm است، ولی در زجاجیه چشم ۵۰۰ nm است. بسامد این نور بر حسب هر تیز و ضریب شکست زجاجیه به ترتیب تقریباً مطابق کدام گزینه است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ km/s}$)

(کتاب درسی)

(۱) $1/25,4/8 \times 10^{11}$ (۲) $0/8,4/8 \times 10^{11}$ (۳) $1/25,4/8 \times 10^{14}$ (۴) $0/8,4/8 \times 10^{14}$

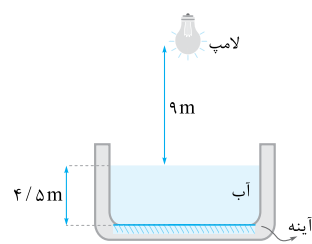
۲۳۳۶- ضریب شکست شیشه نسبت به آب $\frac{9}{8}$ و ضریب شکست الماس نسبت به شیشه برابر $\frac{1}{5}$ است. در مدت زمانی که نور مسافت ۳۶ سانتی متر را در آب طی می‌کند، چند سانتی متر را در الماس طی می‌کند؟

(سراسری تهرنی ۶۵)

(۱) ۱۵ (۲) ۲۰ (۳) ۴۸ (۴) ۶۴/۸

۲۳۳۷- در خلأ، طول موج نور قرمز $\frac{7}{4}$ برابر طول موج نور بنفش است. اگر طول موج نور قرمز در یک محیط شفاف به ضریب شکست n، با طول موج نور بنفش در آب برابر باشد، n کدام است؟ (ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ است.)

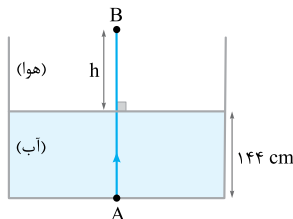
(۱) $\frac{7}{6}$ (۲) $\frac{7}{3}$ (۳) $\frac{14}{3}$ (۴) $\frac{21}{16}$



۲۳۳۸- در شکل روبه‌رو، حداقل زمان لازم برای آن که نور لامپ پس از گذشتن از هوا، آب و بازتابش از روی آینه تخت افقی که در کف مخزن نصب شده، دوباره به لامپ برگردد، چند ثانیه است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}, n_{\text{آب}} = \frac{4}{3}$)

(سراسری تهرنی ۹۳ فارغ)

(۱) 2×10^{-8}
 (۲) 5×10^{-8}
 (۳) 9×10^{-8}
 (۴) 10^{-7}



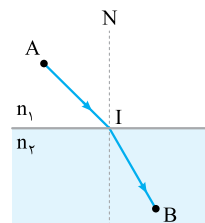
۲۳۳۹- مطابق شکل، یک پرتوی نور به صورت قائم از نقطه A در کف ظرف آبی به طرف بالا می‌تابد و به نقطه B در هوا می‌رسد. اگر در مسیر AB، مدت زمانی که این پرتو از آب می‌گذرد، با مدت زمان عبور آن در هوا برابر باشد، h چند سانتی متر است؟ (ضریب شکست آب $\frac{4}{3}$ برابر ضریب شکست هوا است.)

(۱) ۸۱ (۲) ۱۰۸ (۳) ۱۹۲ (۴) ۲۵۶

۲۳۴۰- در شکل روبه‌رو، پرتویی از نقطه A در محیطی به ضریب شکست n_1 ، به نقطه B در محیط دوم که ضریب شکست آن n_2 است، می‌رسد. اگر $AI = IB = L$ بوده و تندی نور در محیط اول برابر v_1 باشد، زمان رسیدن نور از A تا B کدام است؟

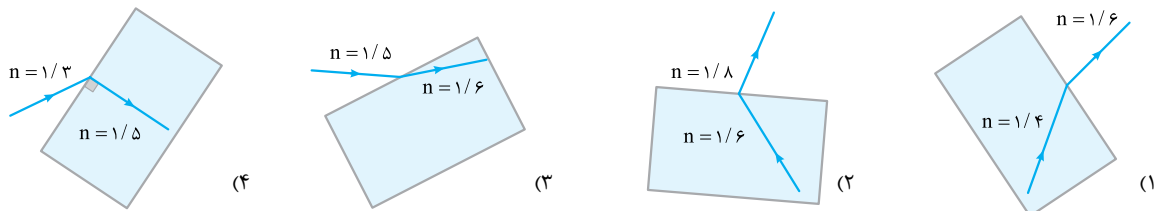
(سراسری ریاضی ۹۲)

(۱) $\frac{L}{v_1} (1 + \frac{n_2}{n_1})$
 (۲) $\frac{L}{v_1} (1 + \frac{n_1}{n_2})$
 (۳) $\frac{2L}{v_1} (1 - \frac{n_2}{n_1})$
 (۴) $\frac{2L}{v_1} (1 - \frac{n_1}{n_2})$



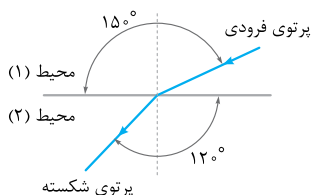
(کتاب درسی)

۲۳۴۱- کدام یک از شکل‌های زیر یک شکست را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟



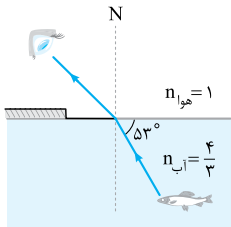
۲۳۴۲- مطابق شکل، پرتوی نور فرودی از محیط (۱) به مرز دو محیط برخورد کرده و پس از شکست وارد محیط (۲) می‌شود. با توجه به شکل، تندی نور در محیط (۱)، برابر تندی نور در محیط (۲) بوده و اگر ضریب شکست محیط (۲)، برابر با ۲ باشد، ضریب شکست محیط (۱)، برابر با است.

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



۲۳۴۳- مطابق شکل، پرتوی نوری که از ماهی به چشمان شخص می‌رسد، تحت زاویه 53° به مرز آب - هوا برخورد

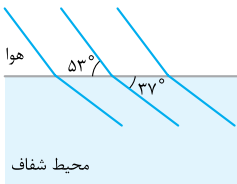
کرده است. زاویه شکست این پرتو در هوا چند درجه است؟ $(n_{\text{آب}} = \frac{4}{3}$ و $\sin 37^\circ = 0.6$) (کتاب درسی ▲)



- ۳۰° (۱)
- ۳۷° (۲)
- ۴۵° (۳)
- ۵۳° (۴)

۲۳۴۴- شکل مقابل، جبهه‌های موج نور تختی را نشان می‌دهد که از هوا وارد محیط شفاف می‌شود. ضریب شکست این

محیط شفاف چه قدر است؟ $(\sin 37^\circ = 0.6)$



- ۲ (۱)
- $\frac{3}{2}$ (۲)
- $\frac{4}{3}$ (۳)
- $\frac{5}{4}$ (۴)

۲۳۴۵- پرتوی تک‌رنگی با زاویه تابش 53° از هوا به آب می‌تابد. این پرتو در ضمن ورود به آب چند درجه نسبت به راستای اولیه خود منحرف می‌شود؟

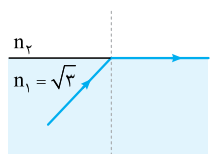
(سراسری تهرنی ▲ ۹۰ فارچ)

$(\sin 53^\circ = 0.8, n_{\text{آب}} = \frac{4}{3})$

- ۱۵ (۱)
- ۱۶ (۲)
- ۳۰ (۳)
- ۳۷ (۴)

۲۳۴۶- در شکل مقابل، پرتوی نور در ورود از محیط $n_1 = \sqrt{3}$ به محیط n_2 ، به اندازه 30° درجه منحرف می‌شود. تندی

نور در محیط n_2 چند متر بر ثانیه است؟ $(c = 3 \times 10^8 \text{ m/s})$ (سراسری ریاضی ▲ ۸۸ فارچ، مشابه سراسری تهرنی ۸۱)



- $1/5 \times 10^8$ (۱)
- $\sqrt{3} \times 10^8$ (۲)
- 2×10^8 (۳)
- $3\sqrt{2} \times 10^8$ (۴)

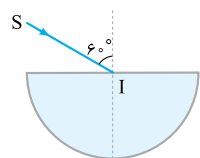
۲۳۴۷- پرتوی تک‌رنگی از هوا وارد محیطی به ضریب شکست $1/6$ می‌شود. اگر زاویه تابش، ۲ برابر زاویه انحراف باشد، زاویه تابش چند درجه بوده است؟

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

- ۳۰ (۱)
- ۳۷ (۲)
- ۶۰ (۳)
- ۷۴ (۴)

۲۳۴۸- مطابق شکل، پرتوی تک‌رنگ SI از هوا به مرکز نیم‌استوانه شفاف به ضریب شکست $\sqrt{3/2}$ می‌تابد و از طرف دیگر

آن خارج می‌شود. پرتوی خروجی نسبت به پرتوی SI چند درجه منحرف شده است؟ (سراسری تهرنی ▲ ۷۵)



- صفر (۱)
- ۳۰ (۳)
- ۴۵ (۴)
- ۱۵ (۲)

۲۳۴۹- تندی انتشار نور در یک محیط شفاف نیمی از تندی انتشار نور در هوا است. اگر زاویه تابش در هوا را از صفر تا 90° تغییر دهیم، زاویه انحراف در این

مایع شفاف حداکثر چند درجه می‌شود؟

- ۳۰ (۱)
- ۴۵ (۲)
- ۶۰ (۳)
- ۹۰ (۴)

۲۳۵۰- ضریب شکست یک محیط شفاف نسبت به هوا $\sqrt{2}$ است. یک پرتوی نور تک‌رنگ، تحت زاویه i از هوا بر سطح این محیط شفاف می‌تابد و قسمتی از آن

بازتاب و قسمتی دیگر شکست پیدا می‌کند. اگر زاویه شکست 30° باشد، زاویه بین پرتوی بازتاب و پرتوی شکست چند درجه است؟ (سراسری ریاضی ▲ ۹۰ فارچ)

- ۷۵ (۱)
- ۹۰ (۲)
- ۱۰۵ (۳)
- ۱۲۰ (۴)

۲۳۵۱- زاویه تابش یک پرتو چند درجه باشد تا وقتی از هوا به محیطی به ضریب شکست $\sqrt{3}$ وارد می‌شود، پرتوی بازتاب بر پرتوی شکست عمود باشد؟

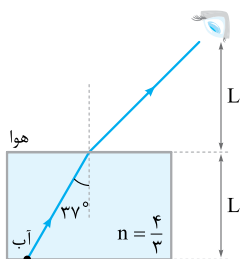
(سراسری ریاضی ▲ ۸۶ داخل، مشابه سراسری ریاضی ۹۱ فارچ)

- ۳۰ (۱)
- ۴۵ (۳)
- ۶۰ (۴)
- ۳۷ (۲)

۲۳۵۲- شکل مقابل، مسیری را نشان می‌دهد که در آن یک پرتو از جسمی که در کف آب قرار دارد، به چشم ناظری

می‌رسد. مدت‌زمانی که نور در هوا طی می‌کند، چند برابر مدت‌زمانی است که نور در آب حرکت می‌کند تا به چشم شخص

برسد؟ $(\sin 37^\circ = 0.6$ و $n_{\text{آب}} = \frac{4}{3})$

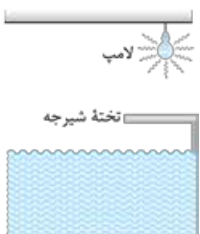


- ۱ (۴)
- $\frac{16}{9}$ (۳)
- $\frac{2}{4}$ (۲)
- $\frac{4}{3}$ (۱)

۲۳۵۳- در شکل مقابل، سایه تخته شیرجه در کف استخر، هنگام پر بودن استخر در مقایسه با هنگام خالی بودن آن چگونه

است؟ (سراسری تهرنی ▲ ۸۷ فارچ)

است؟



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



۲۳۵۴- طول یک تیر عمودی که پایه آن در کف یک استخر قرار دارد، $2/4 \text{ m}$ است که نصف آن از آب بیرون می ماند. در لحظه ای که آفتاب با زاویه 37° نسبت به افق می تابد، طول سایه ای که از تیر به کف استخر می افتد، چند متر است؟ ($\sin 37^\circ = 3/5, n_{\text{آب}} = 4/3$) (کتاب فیزیک هالیدی)

- (۱) $1/8$ (۲) $2/4$ (۳) $2/5$ (۴) $3/2$

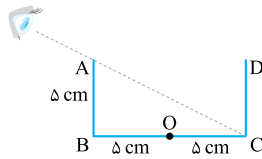
۲۳۵۵- گریه ای از هوا به ماهی داخل آب نگاه می کند و ماهی هم گریه را می بیند. در این صورت گریه، ماهی را از مکان واقعی می بیند و ماهی، گریه را از مکان واقعی خود می بیند. (کتاب راهنمای معلم)

- (۱) دورتر، دورتر (۲) دورتر، نزدیکتر (۳) نزدیکتر، دورتر (۴) نزدیکتر، نزدیکتر

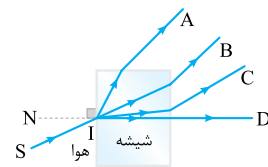
۲۳۵۶- میله ای به طور مایل تا نیمه در آب فرو رفته است. بیننده ای که از هوا به قسمت داخل آب نگاه می کند، آن قسمت از میله را چگونه مشاهده می کند؟ (سراسری ریاضی ۸۶ قاجار)

- (۱) بلندتر و از سطح آب دورتر (۲) کوتاه تر و از سطح آب دورتر (۳) کوتاه تر و به سطح آب نزدیکتر (۴) بلندتر و به سطح آب نزدیکتر

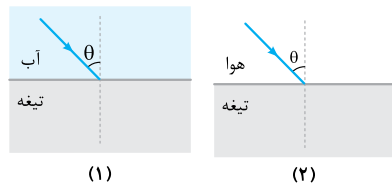
۲۳۵۷- مطابق شکل، چشم ناظر در موقعیتی قرار دارد که فقط می تواند نقطه C از دیواره BC را ببیند. اگر ظرف را پر از مایعی به ضریب شکست n کنیم، در این صورت ناظر قادر به دیدن نقطه O در وسط BC می شود. n کدام است؟



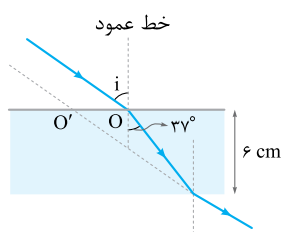
- (۱) $\frac{2\sqrt{10}}{5}$ (۲) $\frac{\sqrt{10}}{4}$ (اولین المپیاد فیزیک ایران) (۳) $\frac{\sqrt{2}}{5}$ (۴) $\frac{\sqrt{10}}{2}$



- ۲۳۵۸- پرتوی نور تک رنگ SI، از هوا بر شیشه می تابد. پرتوی شکست کدام است؟ (سراسری تهری ۹۰)
- (۱) A (۲) B (۳) C (۴) D

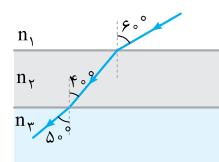


- ۲۳۵۹- مطابق شکل های زیر پرتوی نور تک رنگی با زاویه تابش یکسان θ در حالت (۱) از آب و در حالت (۲) از هوا به تیغه متوازی السطوحی می تابد. اگر زاویه شکست پرتو را با θ' و مدت زمانی که طول می کشد تا پرتوی شکست از تیغه خارج شود را با t نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟ (زیروندهای ۱ و ۲ مربوط به حالت های (۱) و (۲) است و مبدأ زمان را لحظه ورود پرتو به تیغه در نظر بگیرید و $n_{\text{تیغه}} > n_{\text{هوا}}$)
- (۱) $t_1 = t_2, \theta'_1 > \theta'_2$ (۲) $t_1 = t_2, \theta'_1 < \theta'_2$ (۳) $t_1 > t_2, \theta'_1 > \theta'_2$ (۴) $t_1 > t_2, \theta'_1 < \theta'_2$

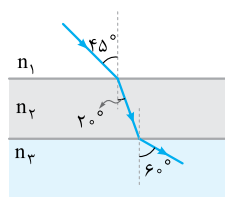


۲۳۶۰- پرتوی نوری، مطابق شکل زیر از هوا به یک تیغه متوازی السطوح می تابد و پس از شکست در محیط شفاف، دوباره وارد هوا می شود. اگر امتداد پرتوی خروجی در O' به تیغه برخورد کند و $OO' = 3/5 \text{ cm}$ باشد، ضریب شکست محیط شفاف چه قدر است؟ ($\sin 37^\circ = 3/5$) (سراسری ریاضی ۹۹ قاجار)

- (۱) $\frac{5}{4}$ (۲) $\frac{4}{3}$ (۳) $\frac{3}{2}$ (۴) $\frac{5}{3}$

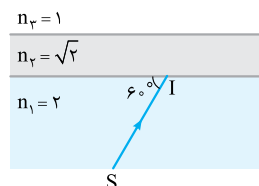


- ۲۳۶۱- در شکل روبه رو سطح جدایی محیط های شفاف با هم موازی اند. کدام رابطه بین ضریب شکست این محیط ها برقرار است؟ (سراسری تهری ۸۶)
- (۱) $n_2 > n_3 > n_1$ (۲) $n_3 > n_2 = n_1$ (۳) $n_2 = n_3 > n_1$ (۴) $n_3 > n_2 > n_1$



۲۳۶۲- مطابق شکل، پرتوی نوری از محیط شفاف n_1 وارد محیط شفاف n_2 و سپس وارد محیط شفاف n_3 می شود. تندی نور در محیط n_2 چند برابر تندی نور در محیط n_1 است؟ (سراسری تهری ۹۶)

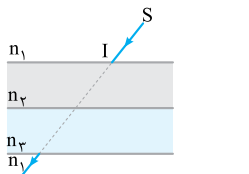
- (۱) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۳) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (۴) $\frac{\sqrt{2}}{3}$



۲۳۶۳- در شکل مقابل، با توجه به ضریب شکست محیط های شفاف، مسیر پرتوی تک رنگ SI به کدام صورت است؟

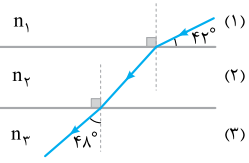
- (۱) (۲) (۳) (۴)

۲۳۶۶- در شکل مقابل پرتوی SI پس از عبور از محیط‌های شفاف n_1 و n_2 و دوباره به محیط شفاف n_1 برمی‌گردد. اگر راستای پرتو پس از عبور از این دو محیط تغییر نکند، n_2 و n_3 در مقایسه با n_1 چگونه باید باشند؟ (سراسری ریاضی ۶۵)



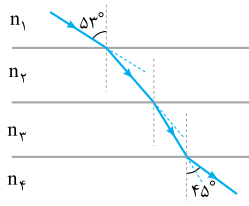
- (۱) هر دو بزرگ‌تر (۳) یکی بزرگ‌تر و دیگری کوچک‌تر
 (۲) هر دو کوچک‌تر (۴) الزاماً ضریب شکست هر سه محیط برابر است.

۲۳۶۵- مطابق شکل روبه‌رو، یک پرتوی نور از محیط شفاف (۱) وارد محیط‌های شفاف (۲) و (۳) می‌شود. اگر تندی نور در محیط (۱) برابر با $2/5 \times 10^8 \text{ m/s}$ و ضریب شکست محیط (۲)، ۲۵ درصد بیشتر از ضریب شکست محیط (۳) باشد، تندی نور در محیط (۲) به اندازه کیلومتر بر ثانیه از تندی آن در محیط (۱) است.



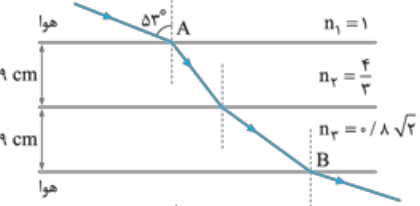
- (۱) 5×10^4 - بیشتر (۲) 5×10^4 - کم‌تر
 (۳) 4×10^5 - بیشتر (۴) 4×10^5 - کم‌تر

۲۳۶۶- مطابق شکل مقابل پرتوی نوری از محیط شفاف (۱) وارد محیط‌های شفاف دیگر می‌شود. اگر تندی نور در محیط (۲)، ۲۵ درصد کم‌تر از تندی نور در محیط (۱) باشد و تندی نور در محیط (۴)، ۴۰ درصد بیشتر از تندی نور در محیط (۳) باشد، ضریب شکست محیط (۲) چند برابر ضریب شکست محیط (۳) است؟ $(\sin 53^\circ = 4/5, \sin 45^\circ = 2/\sqrt{2})$ (سراسری ریاضی ۹۸)



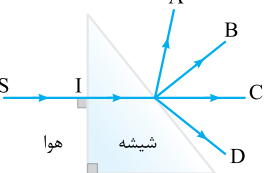
- (۱) $4/3$ (۲) $6/5$ (۳) $3/4$ (۴) $5/6$

۲۳۶۷- پرتوی نوری مطابق شکل مقابل، از هوا وارد محیط‌های شفاف می‌شود و شکست می‌یابد. این پرتو فاصله A تا B را در چند نانوثانیه طی می‌کند؟ $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ = تندی نور در هوا، $(\sin 37^\circ = 3/5)$ (سراسری تهری ۹۹)

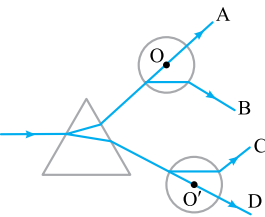


- (۱) 0.6 (۲) ۹۶ (۳) ۹۸ (۴) $9/6$

۲۳۶۸- در شکل مقابل پرتوی خروجی از منشور مطابق کدام می‌تواند باشد؟



۲۳۶۹- شکل روبه‌رو یک منشور و دو کره شیشه‌ای توپر به مراکز O' و O را نشان می‌دهد که در خلأ فرض شده‌اند. یک پرتوی نور تک‌رنگ بر منشور تابیده است. کدام یک از این مسیرها عبور نور را درست نشان می‌دهد؟ (سراسری ریاضی ۹۲ قاجار)

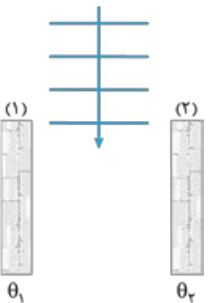


- (۱) A (۲) B (۳) C (۴) D

۲۳۷۰- کدام عبارت درباره پدیده سراب، نادرست است؟

- (۱) پرتوهای نور هر چه بیشتر به سطح زمین نسبتاً داغ نزدیک می‌شوند، بیشتر به سمت افق خم می‌شوند.
 (۲) با افزایش دما، چگالی و در نتیجه ضریب شکست هوا کاهش می‌یابد.
 (۳) تندی جبهه‌های موج در نزدیکی سطح زمین نسبتاً داغ بیش از تندی جبهه‌های موج در بالای سطح زمین است.
 (۴) سراب را تنها می‌توان دید، ولی نمی‌توان از آن عکس گرفت.

۲۳۷۱- شکل زیر، نمای بالا از سالن بزرگی با دیوارهای قائم بلند (۱) و (۲) را نشان می‌دهد که به ترتیب در دماهای $\theta_1 = 10^\circ \text{C}$ و $\theta_2 = 40^\circ \text{C}$ ثابت نگه داشته می‌شود. اگر مطابق شکل، دسته‌ای از جبهه‌های تخت نور از بین دیوارها وارد سالن شوند، شکل جبهه‌های موج به همراه یک پرتوی آن‌ها در سالن به کدام گزینه نزدیک‌تر است؟ (از اثر پراش در لبه دیوارها چشم‌پوشی کنید.)

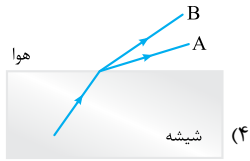
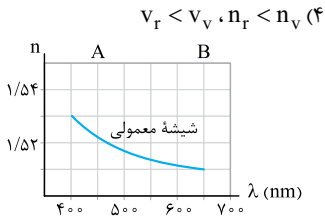


- (۱) (۲) (۳) (۴)

۲۳۷۲- در پاشندگی نور در منشور، کدام رابطه بین ضریب شکست شیشه برای نور قرمز (n_r) و نور بنفش (n_v) و تندی نور قرمز (v_r) و نور بنفش (v_v) در

(سراسری تهرنی ۷۹)

شیشه درست است؟

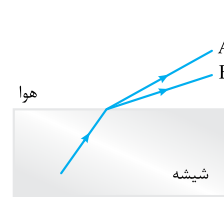
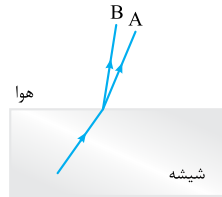
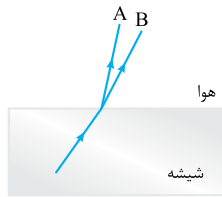


$$v_r > v_v, n_r < n_v \quad (3)$$

$$v_r < v_v, n_r > n_v \quad (2)$$

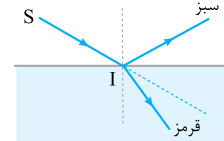
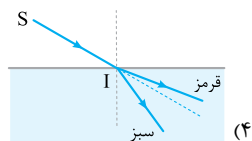
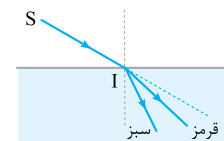
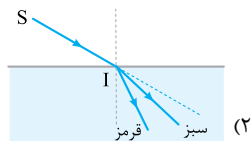
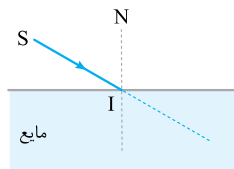
$$v_r > v_v, n_r > n_v \quad (1)$$

۲۳۷۳- شکل روبه‌رو، نمودار تغییرات ضریب شکست برحسب طول موج در طیف نور مرئی در شیشه معمولی را نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، کدام گزینه زیر از لحاظ فیزیکی می‌تواند مدل کیفی پرتوی فرودی شامل نورهای A و B را نشان دهد که از شیشه وارد هوا می‌شوند؟



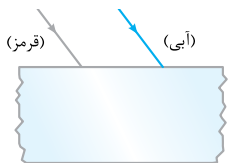
۲۳۷۴- در شکل مقابل، پرتوی فرودی SI شامل نورهای تک‌فام قرمز و سبز است که از هوا وارد یک مایع شفاف می‌شود. کدام‌یک از شکل‌های زیر مسیر شکست نور را درست نشان می‌دهد؟

(سراسری ریاضی ۹۸)



۲۳۷۵- در شکل مقابل، دو پرتوی موازی قرمز رنگ و آبی رنگ به یک تیغه متوازی‌السطوح می‌تابند. این دو پرتو در درون تیغه و پس از خارج شدن از تیغه به ترتیب از راست به چپ چه وضعیتی نسبت به هم دارند؟

- (۱) همگرا، موازی
- (۲) همگرا، واگرا
- (۳) واگرا، موازی
- (۴) واگرا، همگرا

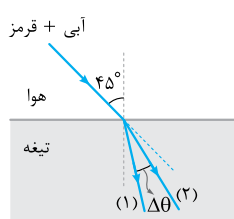


۲۳۷۶- باریکه نوری متشکل از دو پرتوی سبز و زرد را به منشور می‌تابانیم. در داخل منشور زاویه شکست پرتوی بزرگ‌تر و میزان انحراف پرتوی بیشتر است.

- (۱) سبز - سبز
- (۲) زرد - سبز
- (۳) زرد - زرد
- (۴) سبز - زرد

۲۳۷۷- دو لامپ بسیار نزدیک به هم با رنگ‌های بنفش و قرمز در حالت اول در عمق یکسانی از آب و در حالت دوم در ارتفاع یکسانی از هوا قرار دارند. در حالت اول خارج از سطح آب و در حالت دوم از داخل آب به این لامپ‌ها نگاه می‌کنیم. به ترتیب از راست به چپ کدام لامپ را در حالت اول در عمق بیشتر و در حالت دوم در ارتفاع بیشتر می‌بینیم؟

- (۱) بنفش - قرمز
- (۲) قرمز - قرمز
- (۳) قرمز - بنفش
- (۴) بنفش - بنفش



۲۳۷۸- مطابق شکل مقابل، باریکه نوری متشکل از دو پرتوی قرمز و آبی از هوا با زاویه تابش 45° بر سطح تیغه تختی می‌تابد. اگر ضریب شکست تیغه برای این پرتوها به ترتیب برابر $\frac{5\sqrt{2}}{6}$ و $\sqrt{2}$ باشد، به ترتیب پرتوی قرمز کدام است و زاویه

(کتاب درسی)

بین دو پرتوی شکست درون تیغه ($\Delta\theta$) برابر چند درجه است؟ ($\sin 53^\circ = 4/5, \sin 37^\circ = 3/5$)

- (۱) 7° , (۱)
- (۲) 16° , (۲)
- (۳) 16° , (۱)
- (۴) 7° , (۲)

۲۳۷۹- شکل‌های مقابل، وضعیت طرح‌واری را نشان می‌دهد که در آن موجی تخت به مواعی می‌رسد که پهنای شکاف‌های آن‌ها a_1 و a_2 است. در شکل نور بیشتر خم شده و به اطراف گسترده می‌شود و به این پدیده می‌گویند.

(کتاب درسی)

- (۱) الف)، تداخل
- (۲) الف)، پراش
- (۳) ب)، تداخل
- (۴) ب)، پراش

۲۳۸۰- کدام عبارت درباره پراش نادرست است؟

- (۱) برای شکافی با ابعاد معین، پراش امواج رادیویی AM بارزتر از پراش امواج رادیویی FM است.
- (۲) پراش در صورتی نمایان‌تر است که ابعاد مانع یا شکاف خیلی بزرگ‌تر از طول موج باشد.
- (۳) پراش برای همه انواع امواج، از جمله موج‌های الکترومغناطیسی و صوتی رخ می‌دهد.
- (۴) در یک محیط معین، طول موج موج فرودی پس از پراشیده‌شدن از یک شکاف تغییر نمی‌کند.



۲۳۸۱- در تلویزیون‌های متداول سیگنال‌ها از آنتن‌های روی دکل‌ها به گیرنده‌های تلویزیون فرستاده می‌شود. بسامد سیگنال‌های تلویزیونی دیجیتالی که امروزه از آنتن‌ها فرستاده می‌شود، بسیار بیشتر از بسامد سیگنال‌هایی است که در گذشته از آنتن‌ها فرستاده می‌شد. بنابراین امروزه به دلیل پراش سیگنال‌ها در ناحیه سایه، امکان دریافت سیگنال توسط گیرنده‌ای که در معرض ارسال مستقیم امواج نیست، یافته است. (کتاب درسی ■)

- (۱) کاهش - افزایش (۲) افزایش - کاهش (۳) کاهش - کاهش (۴) افزایش - افزایش

۲۳۸۲- گوشی‌های تلفن همراه با امواج رادیویی با بسامد حدود 2 GHz کار می‌کنند. حداکثر ابعاد مانعی که سبب پراشیده شدن بارز این امواج شود، در چه حدودی است؟ ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) (کتاب درسی ■)

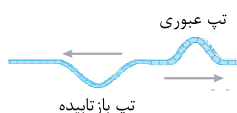
- (۱) $1/5 \text{ cm}$ (۲) 15 cm (۳) $1/5 \text{ m}$ (۴) 15 m

۲۳۸۳- آزمایش پراش را جداگانه برای دو موج تخت یکی با نور بنفش به طول موج 400 nm و دیگری با نور نارنجی به طول موج 600 nm انجام می‌دهیم. اگر برای هر نور از دو شکاف a و a' به ترتیب با پهناهای $9/0$ میکرون و $1/8$ میکرون استفاده کنیم، نقش پراش در کدام آزمایش بارزتر می‌شود؟

- (۱) با نور بنفش و شکاف a (۲) با نور بنفش و شکاف a' (۳) با نور نارنجی و شکاف a (۴) با نور نارنجی و شکاف a'

۲۳۸۴- در هوا و در آزمایش (الف) پرتوهای نور تک‌رنگ از شکافی با پهنا a و در آزمایش (ب) امواج صوتی از شکافی با پهنا a' عبور کرده و پدیده پراش در هر دو آزمایش رخ می‌دهد. اگر این آزمایش‌ها را بدون تغییر در بقیه عوامل، در آب انجام دهیم، وضوح پدیده پراش در آزمایش‌های (الف) و (ب) نسبت به حالت قبل (در هوا) چگونه خواهد بود؟ (به ترتیب از راست به چپ)

- (۱) بیشتر - کمتر (۲) کم‌تر - کم‌تر (۳) کم‌تر - بیشتر (۴) بیشتر - بیشتر



۲۳۲۵- گزینه ۲ وقتی تپ به گره بین دو بخش نازک و ضخیم طناب می‌رسد، بخشی از آن بازتاب می‌شود و بخشی دیگر از آن عبور می‌کند. در تپ عبوری، جهت انتشار ثابت می‌ماند و قله به همان شکل قله باقی می‌ماند. از طرف دیگر گره برای تپی که در قسمت نازک طناب منتشر می‌شود، حکم انتهای بسته (ثابت) را دارد. بنابراین در تپ بازتابیده، قله به دره تبدیل می‌شود و جهت انتشار موج برعکس می‌شود و **۲** درست است.

۲۳۲۶- گزینه ۱ **گام اول** بسامد تپ عبوری و تپ بازتابیده هر دو برابر با بسامد چشمه موج است؛ بنابراین بسامد تپ بازتابیده با بسامد تپ عبوری یکسان است و داریم:

گام دوم جنس دو قسمت طناب یکسان است ($\rho_1 = \rho_2$)؛ با توجه به یکسان بودن نیروی کشش دو قسمت طناب ($F_1 = F_2$) داریم:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\rho A}} \xrightarrow{\substack{F_1=F_2 \\ \rho_1=\rho_2}} \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \xrightarrow{A_1 < A_2} v_2 < v_1$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \xrightarrow{f_2=f_1} \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{v_2}{v_1} \xrightarrow{v_2 < v_1} \lambda_2 < \lambda_1$$

بنابراین:

۲۳۲۷- گزینه ۱ **گام اول** فاصله بین دو برآمدگی متوالی برابر طول موج است، پس طول موج در ناحیه عمیق برابر $\lambda_1 = 10 \text{ cm}$ است و بنابراین تندی امواج در ناحیه عمیق برابر است با:

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{f} \Rightarrow 0/1 = \frac{v_1}{5} \Rightarrow v_1 = 0/5 \text{ m/s}$$

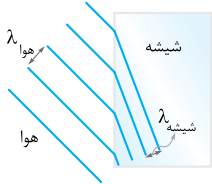
تندی در ناحیه کم‌عمق، کم‌تر از تندی در ناحیه عمیق است و داریم:

$$v_2 = 0/4 v_1 = 0/4 \times 0/5 = 0/2 \text{ m/s} \Rightarrow v_2 = 20 \text{ cm/s}$$

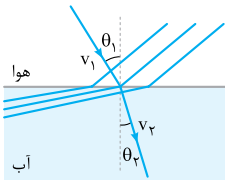
گام دوم بسامد امواج در ناحیه کم‌عمق برابر با بسامد امواج در ناحیه عمیق است و می‌توان نوشت:

$$\lambda_2 = \frac{v_2}{f} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{0/2}{5} \Rightarrow \lambda_2 = 0/04 \text{ m} \Rightarrow \lambda_2 = 4 \text{ cm}$$

۲۲۲۸- گزینه ۴ بسامد یک موج جزء ویژگی‌های ذاتی آن موج است و تنها به چشمه آن موج بستگی دارد؛ بنابراین بسامد موج بازتابیده با بسامد موج شکست‌یافته یکسان است. از طرف دیگر ضریب شکست شیشه بیشتر از ضریب شکست هواست. بنابراین با ورود موج از هوا به شیشه، تندی موج کاهش می‌یابد. حالا از رابطه $\lambda = \frac{v}{f}$ ، می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش تندی موج، طول موج آن هم در شیشه مطابق شکل کوتاه‌تر می‌شود و با شکسته شدن موج، امتداد آن هم تغییر می‌کند.



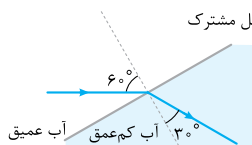
۲۲۲۹- گزینه ۲ تندی انتشار نور در هوا بیشتر از تندی انتشار نور در آب است، بنابراین وقتی جبهه‌های نور وارد آب می‌شوند، حرکتشان کند شده و مطابق شکل به هم نزدیک می‌شوند. در این شکل، نمودار پرتویی معادل هم رسم شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با ورود نور از محیط شفاف رقیق (هوا) به محیط شفاف غلیظ (آب)، پرتو به خط عمود نزدیک می‌شود.



تمرین اگر صوت به طور مایل از هوا وارد آب شود، کدام گزینه شکل جبهه‌های موج در این دو محیط را به درستی نشان می‌دهد؟

۲۲۳۰- گزینه ۲ می‌دانیم طول موج، فاصله بین دو جبهه موج متوالی است، پس با توجه به شکل، طول موج در محیط I برابر $\lambda_I = 8 \text{ cm}$ و در محیط R برابر $\lambda_R = 6 \text{ cm}$ است و داریم:

$$v = \lambda f \Rightarrow \begin{cases} v_I = 0.08 \times 10 = 0.8 \text{ m/s} \\ v_R = 0.06 \times 10 = 0.6 \text{ m/s} \end{cases} \Rightarrow \Delta v = v_R - v_I = 0.6 - 0.8 = -0.2 \text{ m/s} \Rightarrow \Delta v = -20 \text{ cm/s}$$



۲۲۳۱- گزینه ۲ نمودار پرتویی را رسم کرده و به کمک قانون شکست عمومی چنین می‌نویسیم:

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$$

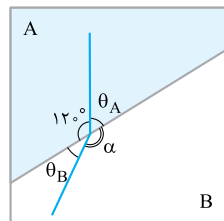
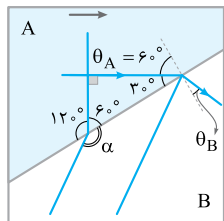
۲۲۳۲- گزینه ۴ **گام اول** چون $10\sqrt{3} < 30$ است، $v_B < v_A$ می‌باشد. پس عمق آب در بخش B کم‌تر از عمق A در بخش A است. به کمک قانون شکست عمومی می‌نویسیم:

$$\frac{\sin \theta_B}{\sin \theta_A} = \frac{v_B}{v_A} \Rightarrow \frac{\sin \theta_B}{\sin 60^\circ} = \frac{10\sqrt{3}}{30} \Rightarrow \frac{\sin \theta_B}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

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

گام دوم به کمک شکل، به راحتی دیده می‌شود که θ_B و α زاویه‌های مکمل یکدیگرند. پس:

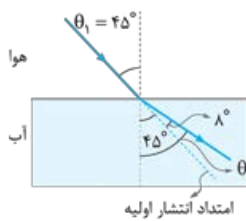
$$\theta_B + \alpha = 180^\circ \xrightarrow{\theta_B = 30^\circ} 30^\circ + \alpha = 180^\circ \Rightarrow \alpha = 180^\circ - 30^\circ = 150^\circ$$



۲۲۳۳- گزینه ۲ زاویه بین جبهه‌های موج تابیده شده و مرز دو محیط برابر زاویه تابش پرتوی موج است. از طرفی با ورود موج صوتی به آب، تندی آن افزایش و در نتیجه از خط عمود دورتر می‌شود؛ بنابراین با توجه به شکل مقابل، قانون شکست عمومی را برای این پرتوی صوت می‌نویسیم:

$$\frac{v_{\text{هوا}}}{v_{\text{آب}}} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{336}{v_{\text{آب}}} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 52^\circ} \Rightarrow \frac{336}{v_{\text{آب}}} = \frac{\sqrt{2}}{0.8}$$

$$\xrightarrow{\sqrt{2} \approx 1/4} v_{\text{آب}} = \frac{336 \times 0.8}{0.7} = 384 \text{ m/s}$$



! با ورود پرتوی نور (موج الکترومغناطیسی) از هوا به محیط جامد یا مایع، تندی آن کاهش و در نتیجه پرتو به خط عمود نزدیک می‌شود. با ورود موج صوتی از هوا به محیط جامد یا مایع، تندی آن افزایش و در نتیجه پرتو از خط عمود دور می‌شود.

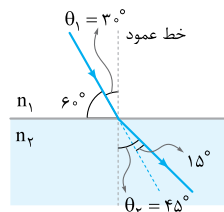
$$\theta_1 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$$

۲۲۳۴- گزینه ۱ **گام اول** زاویه تابش و شکست پرتو را به دست می‌آوریم:

$$\theta_2 = \theta_1 + 15^\circ \xrightarrow{\theta_1 = 30^\circ} \theta_2 = 45^\circ$$

گام دوم حالا با استفاده از قانون شکست عمومی برای محیط‌های (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$



۲۳۳۵- گزینه ۳

گام اول

تندی این نور در هوا برابر $c = 3 \times 10^8$ m/s است، پس با استفاده از رابطه طول موج داریم:

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow 625 \times 10^{-9} = \frac{3 \times 10^8}{f} \Rightarrow f = \frac{3 \times 10^8}{625} \Rightarrow f = 4.8 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

گام دوم

حالا از تعریف ضریب شکست کمک می‌گیریم. (λ : طول موج نور در هوا و λ' : طول موج نور در زجاجیه)

$$n = \frac{c}{v} \xrightarrow{c=\lambda f, v=\lambda' f} n = \frac{\lambda}{\lambda'} \Rightarrow n = \frac{625 \times 10^{-9}}{500 \times 10^{-9}} \Rightarrow n = \frac{625}{500} \Rightarrow n = 1.25$$

۲۳۳۶- گزینه ۲

طبق صورت تست داریم:

حالا از تعریف ضریب شکست یک محیط شفاف می‌توان نوشت:

$$\frac{n_{\text{الماس}}}{n_{\text{شیشه}}} = \frac{\lambda}{\lambda'} \Rightarrow \frac{n_{\text{الماس}}}{n_{\text{شیشه}}} = \frac{9}{5} \Rightarrow \frac{n_{\text{الماس}}}{n_{\text{شیشه}}} = \frac{9}{5} \xrightarrow{\frac{n=c}{v}} \frac{v_{\text{آب}}}{v_{\text{الماس}}} = \frac{9}{5} \xrightarrow{x=vt} \frac{x_{\text{آب}}}{x_{\text{الماس}}} = \frac{9}{5} \Rightarrow \frac{36}{x_{\text{الماس}}} = \frac{9}{5} \Rightarrow x_{\text{الماس}} = 20 \text{ cm}$$

۲۳۳۷- گزینه ۲

طول موج نور قرمز در خلأ و محیط مجهول را با λ_r و λ_v و طول موج نور بنفش در خلأ و آب را با λ'_v و λ'_r نشان می‌دهیم. با توجه به این که بسامد هر نور در همه محیطها ثابت و یکسان است، به کمک رابطه طول موج با تندی و با ضریب شکست داریم:

$$\begin{cases} \lambda'_r = \frac{\lambda_r}{n} \\ \lambda'_v = \frac{\lambda_v}{n_{\text{آب}}} \end{cases} \xrightarrow{\lambda'_r = \lambda'_v} \frac{\lambda_r}{n} = \frac{\lambda_v}{n_{\text{آب}}} \Rightarrow n = \frac{4}{3} \left(\frac{\lambda_r}{\lambda_v} \right) = \frac{4}{3} \times \frac{3}{4} = \frac{4}{3}$$

۲۳۳۸- گزینه ۴

گام اول

چون حداقل زمان لازم را می‌خواهیم، پرتویی از نور را در نظر می‌گیریم که در راستای قائم از لامپ به آب می‌تابد. زمان رسیدن نور به سطح آب برابر است با:

$$x = vt \xrightarrow{v=c} 9 = 3 \times 10^8 \times t \Rightarrow t = 3 \times 10^{-8} \text{ s}$$

ابتدا تندی نور در آب و سپس زمان رسیدن نور به کف ظرف (آینه) را به دست می‌آوریم:

$$n_{\text{آب}} = \frac{c}{v_{\text{آب}}} \Rightarrow v_{\text{آب}} = \frac{c}{n_{\text{آب}}} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{4} \times 10^8 \text{ m/s} \quad x' = v_{\text{آب}} t' \Rightarrow 4/5 = \frac{9}{4} \times 10^8 \times t' \Rightarrow t' = 2 \times 10^{-8} \text{ s}$$

گام سوم

زمان رسیدن نور از لامپ به آینه برابر است با:

$$t_{\text{رفت}} = t + t' = 3 \times 10^{-8} + 2 \times 10^{-8} = 5 \times 10^{-8} \text{ s}$$

زمان برگشت نور از آینه به لامپ برابر همین مقدار است، بنابراین زمان کل برابر است با:

$$t_{\text{کل}} = 2t_{\text{رفت}} = 2 \times 5 \times 10^{-8} \text{ s} = 10^{-7} \text{ s}$$

تیزپاش

مسافتی که نور در مسیر رفت و برگشت می‌پیماید برابر $2 \times (9 + 4/5) = 3 \times 9 = 27 \text{ m}$ است. فرض می‌کنیم آبی وجود ندارد و کل مسیر هواست بنابراین زمان لازم برای این مسافت برابر است با:

$$\Delta t = \frac{x}{c} = \frac{27}{3 \times 10^8} = 9 \times 10^{-8} \text{ s}$$

حالا که بخشی از مسیر آب است، با توجه به کندتر بودن حرکت نور در آب نسبت به هوا، زمان مورد نظر باید بیشتر از $9 \times 10^{-8} \text{ s}$ باشد و فقط ۴ می‌تواند جواب تست باشد.

۲۳۳۹- گزینه ۳

گام اول

کمیت‌های مربوط به آب و هوا را به ترتیب با w و a نشان می‌دهیم. به کمک رابطه ضریب شکست و تندی نور، داریم:

$$\frac{v_a}{v_w} = \frac{n_w}{n_a} \Rightarrow \frac{v_a}{v_w} = \frac{4}{3}$$

در مسیر AB، نور در آب مسافت $L_w = 144 \text{ cm}$ و در هوا مسافت $L_a = h$ را طی می‌کند. بنابراین:

$$x = vt \xrightarrow{t_a=t_w} \frac{L_a}{L_w} = \frac{v_a}{v_w} \Rightarrow \frac{h}{144} = \frac{4}{3} \Rightarrow h = \frac{4 \times 144}{3} = 4 \times 48 = 192 \text{ cm}$$

انتشار نور در یک محیط، حرکتی یکنواخت است، پس زمان حرکت نور در محیط n_1 برابر است با:

$$\Delta x = v \Delta t \Rightarrow L = v_1 \Delta t_1 \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{L}{v_1}$$

با توجه به رابطه $n = \frac{c}{v}$ ، تندی انتشار نور در محیط n_2 از رابطه $\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$ به دست می‌آید و برای محاسبه زمان حرکت نور در محیط n_2 می‌توان نوشت:

$$\Delta x = v \Delta t \Rightarrow L = v_2 \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{L}{v_2} \xrightarrow{\frac{1}{v_2} = \frac{1}{v_1} \left(\frac{n_1}{n_2} \right)} \Delta t_2 = \frac{L}{v_1} \times \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

پس زمان رسیدن نور از A تا B برابر است با:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{v_1} + \frac{L}{v_1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \Rightarrow \Delta t = \frac{L}{v_1} \left(1 + \frac{n_2}{n_1} \right)$$

تیزپاش

فرض می‌کنیم از نقطه A تا B کل محیط n_1 است، بنابراین مدت زمان رسیدن پرتو از A تا B برابر است با:

$$\Delta t' = \frac{2L}{v_1}$$

حالا که بخشی از محیط n_2 است و تندی نور در محیط n_2 ، نسبت به n_1 کاهش می‌یابد، بنابراین مدت زمان رسیدن پرتو از A تا B نسبت به حالتی که

فرض کردیم افزایش می‌یابد؛ بنابراین باید $\Delta t > \frac{2L}{v_1}$ باشد. مشخص است که ۳ و ۴ کم‌تر از $\frac{2L}{v_1}$ هستند و نمی‌توانند جواب تست باشند. از طرفی برای

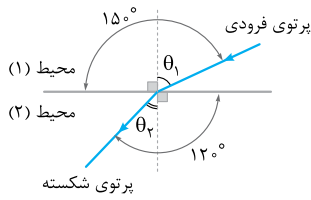
هم می‌توان گفت:

$$n_1 < n_2 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} < 1 \xrightarrow{(+1)} 1 + \frac{n_1}{n_2} < 2 \xrightarrow{\times \frac{L}{v_1}} \frac{L}{v_1} \left(1 + \frac{n_1}{n_2} \right) < \frac{2L}{v_1}$$

بنابراین ۲ هم نمی‌تواند جواب تست باشد و فقط ۱ می‌تواند درست باشد.

۲۳۴۱- گزینه ۲

در تمام گزینه‌ها پرتو از محیط شفاف رقیق به محیط شفاف غلیظ وارد می‌شود که می‌دانیم در این حالت پرتوی شکسته باید به خط عمود نزدیک‌تر شود. در (۱) پرتو به خط عمود نزدیک می‌شود که درست است. در (۲) پرتو از خط عمود عبور می‌کند که نادرست است. در (۳) پرتو از خط عمود دور می‌شود که نادرست است، در (۴) پرتو درست در راستای خط عمود خارج می‌شود که نادرست است، زیرا تنها پرتویی که عمود بر فصل مشترک بتابد، به صورت عمود خارج می‌شود.



۲۳۴۲- گزینه ۲ روش اول: گام اول شکل روبه‌رو، کامل‌شده شکل صورت تست است. با توجه به شکل:

$$\begin{cases} \theta_1 + 90^\circ = 15^\circ \Rightarrow \theta_1 = 15^\circ - 90^\circ = -75^\circ \\ \theta_2 + 90^\circ = 12^\circ \Rightarrow \theta_2 = 12^\circ - 90^\circ = -78^\circ \end{cases}$$

به کمک قانون شکست عمومی، داریم:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\sin 6^\circ}{\sin 3^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{3}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow{n_2=2} \sqrt{3} = \frac{2}{n_1} \Rightarrow n_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

گام سوم به کمک رابطهٔ تندی نور با ضریب شکست می‌نویسیم:

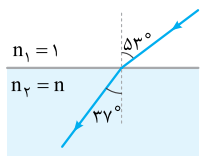
روش دوم: می‌توانیم n_1 را به کمک قانون شکست اسنل هم حساب کنیم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow n_1 \times \sin 6^\circ = 2 \times \sin 3^\circ \Rightarrow n_1 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 2 \times \frac{1}{2} \Rightarrow n_1 = \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$$

تجزیه با توجه به این که پرتوی شکست به خط عمود نزدیک شده است، تندی نور کاهش یافته است؛ یعنی تندی نور در محیط (۱) بیشتر از تندی نور در محیط (۲) است. (رد ۳ و ۴). از طرفی ضریب شکست محیط (۱) کم‌تر از ضریب شکست محیط (۲) ($n_2 = 2$) است (رد ۱).

۲۳۴۳- گزینه ۲ زاویه تابش در آب برابر $\theta_1 = 90^\circ - 53^\circ = 37^\circ$ است و چون پرتو از آب وارد هوا می‌شود، داریم: $n_1 = 1$ و $n_2 = \frac{4}{3}$ ، حالا به کمک قانون شکست اسنل می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 37^\circ = \frac{4}{3} \times \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{3}{4} \times \sin 37^\circ \Rightarrow \theta_2 = 53^\circ$$



۲۳۴۴- گزینه ۳ راحت‌تریم تا با نمودار پرتویی کار کنیم. می‌دانیم پرتوها عمود بر جبهه‌های موج هستند و زاویهٔ بین جبههٔ موج فرودی با مرز دو محیط برابر با زاویهٔ تابش و زاویهٔ بین جبههٔ موج شکسته با مرز دو محیط برابر با زاویهٔ شکست است، پس می‌توان شکل مقابل را در نظر گرفت و به کمک قانون شکست اسنل نوشت:

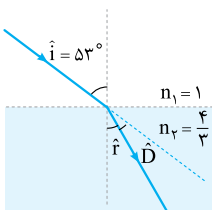
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = n \times \sin 37^\circ \Rightarrow n = \frac{4}{3}$$

۲۳۴۵- گزینه ۲ گام اول با استفاده از قانون شکست اسنل، می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{\theta_1 = \hat{i} = 53^\circ, \theta_2 = \hat{r}} 1 \times \sin 53^\circ = \frac{4}{3} \times \sin \hat{r} \Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{3}{4} \times \sin 53^\circ \Rightarrow \hat{r} = 37^\circ$$

گام دوم بنابراین برای محاسبهٔ زاویهٔ انحراف مطابق شکل می‌توان نوشت:

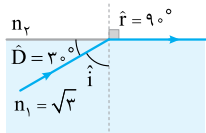
$$\hat{i} = \hat{r} + \hat{D} \Rightarrow 53^\circ = 37^\circ + \hat{D} \Rightarrow \hat{D} = 16^\circ$$



۲۳۴۶- گزینه ۲ گام اول مطابق شکل زاویهٔ شکست برابر $\hat{r} = 90^\circ$ است و چون زاویهٔ انحراف برابر $\hat{D} = 3^\circ$ است،

$\hat{i} = \hat{r} - \hat{D} \Rightarrow \hat{i} = 87^\circ$ می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{\theta_1 = \hat{i} = 87^\circ, \theta_2 = \hat{r} = 90^\circ} \sqrt{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = n_2 \times 1 \Rightarrow n_2 = \frac{3}{2}$$



گام دوم تندی نور در محیط n_2 برابر است با: $n = \frac{c}{v} \Rightarrow n_2 = \frac{c}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{3}{2}} \Rightarrow v_2 = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$

۲۳۴۷- گزینه ۲ گام اول پرتو از هوا به ضریب شکست $n_1 = 1$ وارد محیط غلیظی به ضریب شکست $n_2 = 1/6$ می‌شود؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\hat{i} = \hat{r} + \hat{D} \xrightarrow{\hat{i} = 2\hat{D}} 2\hat{D} = \hat{r} + \hat{D} \Rightarrow \hat{r} = \hat{D}$$

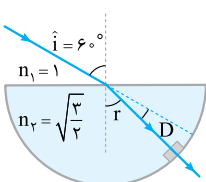
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{\theta_1 = \hat{i} = 2\hat{D}, \theta_2 = \hat{r} = \hat{D}} 1 \times \sin 2\hat{D} = \frac{1}{6} \times \sin \hat{D}$$

گام دوم به کمک قانون شکست اسنل داریم:

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha \rightarrow 2 \cos \hat{D} = 1/6 \Rightarrow \cos \hat{D} = 1/12 \xrightarrow{\cos 37^\circ = 4/5} \hat{D} = 37^\circ \Rightarrow \hat{i} = 2\hat{D} = 74^\circ$$

۲۳۴۸- گزینه ۲ گام اول با استفاده از قانون شکست اسنل برای ورود پرتوی SI به نیم‌استوانه می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \times \sin 6^\circ = \sqrt{\frac{3}{2}} \times \sin \hat{r} \Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \hat{r} = 45^\circ$$

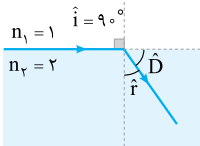


گام دوم پرتوی نور در خروج از نیم‌استوانه شکسته نمی‌شود، زیرا عمود بر سطح نیم‌استوانه تابیده است، بنابراین برای محاسبهٔ زاویهٔ انحراف خواهیم داشت:

$$\hat{i} = \hat{r} + \hat{D} \Rightarrow 6^\circ = 45^\circ + \hat{D} \Rightarrow \hat{D} = 15^\circ$$

۲۳۴۹- گزینه ۳

۲۳۴۹- $v = \frac{1}{4}c$ است، پس ضریب شکست محیط شفاف برابر $n = \frac{c}{v} = 4$ است. در حالت کلی با افزایش زاویه تابش، زاویه شکست و زاویه انحراف هم افزایش پیدا می‌کنند، بنابراین بیشترین زاویه انحراف مربوط به حالتی است که مطابق شکل زاویه تابش برابر 90° شود. با استفاده از قانون شکست اسنل داریم:

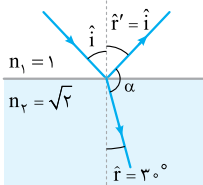


$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \times \sin 90^\circ = 2 \sin \hat{r} \Rightarrow \sin \hat{r} = \frac{1}{2} \Rightarrow \hat{r} = 30^\circ$$

$$\hat{D} = \hat{i} - \hat{r} = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

بنابراین بیشترین زاویه انحراف برابر است با:

۲۳۵۰- گزینه ۳ **گام اول** مطابق شکل و با استفاده از قانون شکست اسنل داریم:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin \hat{i} = \sqrt{2} \times \sin 30^\circ \Rightarrow \sin \hat{i} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \hat{i} = 45^\circ$$

بنابراین زاویه بازتاب هم برابر $\hat{r}' = \hat{i} = 45^\circ$ است و زاویه بین پرتوی بازتاب و پرتوی شکست (α) برابر است با:

$$\hat{r} + \alpha + \hat{r}' = 180^\circ \Rightarrow 30^\circ + \alpha + 45^\circ = 180^\circ \Rightarrow \alpha = 105^\circ$$

۲۳۵۱- گزینه ۲ **گام اول** پرتوی نوری را در نظر بگیرید که با زاویه تابش \hat{i} از محیط شفاف n_1 به محیط شفاف n_2 می‌تابد، حالا اگر پرتوی شکست در محیط دوم بر پرتوی بازتاب در محیط اول عمود باشد، می‌توان نوشت:

$$\hat{i} + 90^\circ + \hat{r} = 180^\circ \Rightarrow \hat{i} + \hat{r} = 90^\circ \Rightarrow \hat{r} = 90^\circ - \hat{i}$$

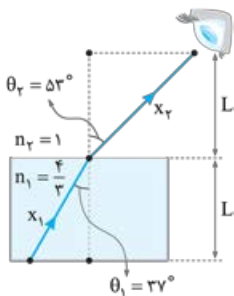
$$\Rightarrow \sin \hat{r} = \sin(90^\circ - \hat{i}) \xrightarrow{\sin(90^\circ - \theta) = \cos \theta} \sin \hat{r} = \cos \hat{i}$$

۲۳۵۲- **گام اول** با استفاده از قانون شکست اسنل می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{\theta_1 = \hat{i}, \theta_2 = \hat{r}} n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r}$$

$$\Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \hat{i}}{\sin \hat{r}} = \frac{\sin \hat{i}}{\cos \hat{i}} \Rightarrow \tan \hat{i} = \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow{\frac{n_2}{n_1} = \sqrt{3}} \tan \hat{i} = \sqrt{3} \Rightarrow \hat{i} = 60^\circ$$

۲۳۵۲- گزینه ۲ **گام اول** ابتدا به کمک قانون شکست اسنل، زاویه شکست در هوا را حساب می‌کنیم:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow \frac{4}{3} \times \sin 37^\circ = 1 \times \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = 0.8 \Rightarrow \theta_2 = 53^\circ$$

۲۳۵۲- **گام دوم** با توجه به شکل، مسافتی که نور در آب (x_1) و هوا (x_2) طی می‌کند برابر است با:

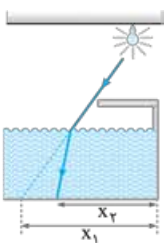
$$\cos \theta_1 = \frac{L}{x_1} \Rightarrow x_1 = \frac{L}{\cos \theta_1}, \cos \theta_2 = \frac{L}{x_2} \Rightarrow x_2 = \frac{L}{\cos \theta_2}$$

حالا با توجه به یکنواخت بودن حرکت نور در دو محیط داریم:

$$x = vt \Rightarrow t = \frac{x}{v} \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{x_2}{x_1}\right) \times \left(\frac{v_1}{v_2}\right) \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{\frac{L}{\cos \theta_2}}{\frac{L}{\cos \theta_1}}\right) \times \left(\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}\right) \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = \frac{\sin \theta_1 \cos \theta_1}{\sin \theta_2 \cos \theta_2} \xrightarrow{\theta_1 = 37^\circ, \theta_2 = 53^\circ} \frac{t_2}{t_1} = \frac{0.6 \times 0.8}{0.8 \times 0.6} \Rightarrow \frac{t_2}{t_1} = 1$$

۲۳۵۳- گزینه ۱

۲۳۵۳- مطابق شکل وقتی استخر خالی است، طول سایه تخته شیرجه برابر x_1 است. با پرشدن استخر، نور از محیط رقیق (هوا) وارد محیط غلیظ (آب) می‌شود؛ بنابراین مطابق شکل به خط عمود نزدیک شده و طول سایه تخته برابر x_2 می‌شود. با توجه به شکل $x_2 < x_1$ است و طول سایه تخته در هنگام پر بودن استخر، کوتاه‌تر از طول سایه آن، هنگام خالی بودن استخر است.



۲۳۵۴- گزینه ۳ **گام اول** مطابق شکل پرتوهای نور خورشید در ضمن ورود به آب شکسته می‌شوند.

برای ورود نور به آب داریم:

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = \frac{4}{3} \times \sin \hat{r} \Rightarrow \sin \hat{r} = 0.6 \Rightarrow \hat{r} = 37^\circ$$

$$\tan 37^\circ = \frac{1/2}{x_1} \Rightarrow x_1 = 1/6 \text{ m}$$

۲۳۵۴- **گام دوم** در مثلث ISB داریم:

$$\tan \hat{r} = \tan 37^\circ = \frac{x_2}{1/2} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{x_2}{1/2} \Rightarrow x_2 = 0.9 \text{ m}$$

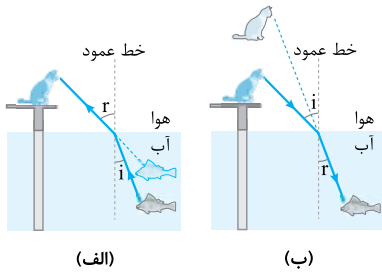
هم‌چنین در مثلث IAB داریم:

$$x = 1/6 + 0.9 = 2/5 \text{ m}$$

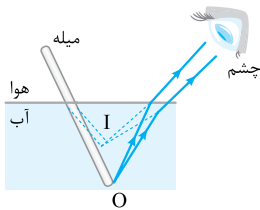
۲۳۵۴- **گام سوم** طول سایه‌ای که از تیر بر کف استخر می‌افتد، مجموع x_1 و x_2 است، بنابراین:

تمرین اگر تیر به طور کامل در آب قرار داشت، طول سایه‌اش در کف استخر چند متر بود؟ $x = 1/8 \text{ m}$

۲۳۵۵- گزینه ۳ وقتی نور از آب وارد هوا می‌شود، از محیط غلیظ به محیط رقیق وارد می‌شود و بنابر قانون شکست اسنل، از خط عمود دور می‌شود، بنابراین مطابق شکل (الف) گرچه، ماهی را نزدیک‌تر از مکان واقعی می‌بیند. از طرف دیگر وقتی نور از هوا وارد آب می‌شود، از محیط رقیق به محیط غلیظ وارد می‌شود و بنابر قانون شکست اسنل، به خط عمود نزدیک می‌شود. بنابراین مطابق شکل (ب) ماهی، گرچه را دورتر از مکان واقعی می‌بیند.



۲۳۵۶- گزینه ۳ پرتوهایی که از انتهای میله (نقطه O) به سطح آب می‌تابند، هنگام خروج شکسته شده و به نظر می‌رسد از نقطه I (تصویر مجازی نقطه O) آمده‌اند. بنابراین مطابق شکل میله شکسته به نظر می‌رسد، یعنی کوتاه‌تر و نزدیک به سطح آب مشاهده می‌شود.

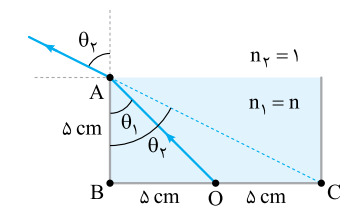


۲۳۵۷- گزینه ۱ **گام اول** در شکل مقابل، وضعیت پرتوها پس از پرشدن ظرف از مایع رسم شده است. سینوس زاویه‌های θ_1 و θ_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$\sin \theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} \Rightarrow \sin \theta_1 = \frac{BO}{AO} = \frac{5}{\sqrt{5^2 + 5^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

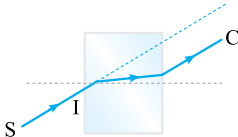
$$\sin \theta_2 = \frac{BC}{AC} = \frac{5+5}{\sqrt{10^2 + 5^2}} = \frac{10}{5\sqrt{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

گام دوم با استفاده از قانون شکست اسنل داریم:



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{\frac{n_1=n}{n_2=1}} n \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 1 \times \frac{2}{\sqrt{5}} \Rightarrow n = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{5}} \Rightarrow n = \frac{2\sqrt{2} \times \sqrt{5}}{\sqrt{5} \times \sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{10}}{5}$$

۲۳۵۸- گزینه ۳ وقتی پرتوی SI از هوا به شیشه می‌تابد، چون از محیط رقیق به محیط غلیظ وارد می‌شود، به خط عمود نزدیک می‌شود (پرتوهای C و D). در ضمن فقط در صورتی که پرتو عمود بر سطح مشترک بتابد، مسیر D را دنبال خواهد کرد.



۲۳۵۹- گزینه ۳ **گام اول** قانون شکست اسنل را برای دو حالت می‌نویسیم:

$$(1) \text{ حالت } n_{\text{آب}} \sin \theta = n_{\text{تیغه}} \sin \theta'_1 \Rightarrow \sin \theta'_1 = \frac{n_{\text{آب}}}{n_{\text{تیغه}}} \sin \theta$$

$$(2) \text{ حالت } n_{\text{هوا}} \sin \theta = n_{\text{تیغه}} \sin \theta'_2 \Rightarrow \sin \theta'_2 = \frac{n_{\text{هوا}}}{n_{\text{تیغه}}} \sin \theta$$

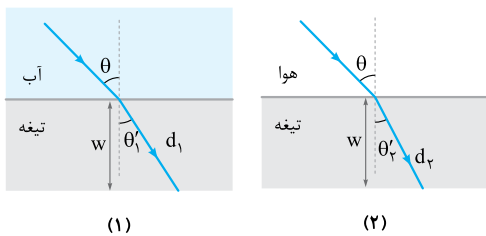
$$n_{\text{آب}} > n_{\text{هوا}} \xrightarrow{(1), (2)} \sin \theta'_1 > \sin \theta'_2 \Rightarrow \theta'_1 > \theta'_2$$

با توجه به این که $n_{\text{آب}} > n_{\text{هوا}}$ است، داریم:

بنابراین زاویه شکست پرتوی نور در حالت (۱) بزرگ‌تر از حالت (۲) است.

گام دوم با توجه به نتیجه به دست آمده در گام اول، شکل‌های مقابل را رسم می‌کنیم.

با توجه به مسیری که پرتوی نور در دو حالت می‌پیماید، داریم:



$$(1) \text{ حالت } d_1 = v_1 t_1 \xrightarrow{\cos \theta'_1 = \frac{w}{d_1}} \frac{w}{\cos \theta'_1} = v_1 t_1$$

$$(2) \text{ حالت } d_2 = v_2 t_2 \xrightarrow{\cos \theta'_2 = \frac{w}{d_2}} \frac{w}{\cos \theta'_2} = v_2 t_2$$

تندی نور فقط به ویژگی‌های محیط تیغه وابسته است. با توجه به این که در هر دو حالت، تیغه یکسان است؛ بنابراین $v_1 = v_2$ است و می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} t_1 = \frac{w}{v_1 \cos \theta'_1} \\ t_2 = \frac{w}{v_2 \cos \theta'_2} \end{cases} \xrightarrow{\theta'_1 > \theta'_2 \Rightarrow \cos \theta'_1 < \cos \theta'_2, v_1 = v_2} t_1 > t_2$$

تیرپاش هر چه اختلاف ضریب شکست دو محیط مجاور هم بیشتر باشد، میزان انحراف پرتوی موج بیشتر است.

در این تست چون $n_{\text{آب}} < n_{\text{هوا}}$ است، اختلاف ضریب شکست دو محیط در حالت (۲) بیشتر و در نتیجه میزان انحراف پرتو در حالت (۲) بیشتر است.

چون در این تست پرتو در هر دو حالت از محیط با ضریب شکست کم‌تر وارد محیط با ضریب شکست بیشتر می‌شود، بنابراین به خط عمود نزدیک می‌شود

و پرتویی که انحراف آن بیشتر است، زاویه شکست کوچک‌تری خواهد داشت؛ یعنی:

$$\text{انحراف پرتوی (۱)} > \text{انحراف پرتوی (۲)} \Rightarrow \theta'_1 < \theta'_2$$

با توجه به یکسان بودن دو تیغه، پرتوی نوری که بیشتر منحرف می‌شود، مسیر کوتاه‌تری را طی می‌کند و در نتیجه زمان طی کردن عرض تیغه برای آن کم‌تر است.

$$\text{انحراف پرتوی (۱)} > \text{انحراف پرتوی (۲)} \Rightarrow t_1 < t_2$$

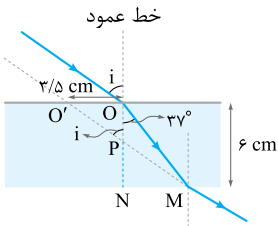
۲۳۶۰- گزینه ۲

روش اول: گام اول

باید با استفاده از روابط هندسی زاویه \hat{i} را به دست آوریم. به کمک شکل روبه‌رو و با استفاده از روابط مثلثاتی داریم:

$$\begin{cases} \cos 37^\circ = \frac{\overline{ON}}{\overline{OM}} \Rightarrow \frac{3}{5} = \frac{6}{\overline{OM}} \Rightarrow \overline{OM} = 10 \text{ cm} \\ \sin 37^\circ = \frac{\overline{MN}}{\overline{OM}} \Rightarrow \frac{4}{5} = \frac{\overline{MN}}{10} \Rightarrow \overline{MN} = 8 \text{ cm} \end{cases}$$

گام دوم: مثلث‌های OPO' و NPM متشابه‌اند؛ بنابراین:

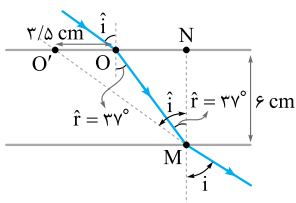


$$\frac{\overline{OO'}}{\overline{MN}} = \frac{\overline{OP}}{\overline{PN}} \xrightarrow{\overline{PN} = 6 - \overline{OP}} \frac{3/5}{4/5} = \frac{\overline{OP}}{6 - \overline{OP}} \Rightarrow 21 - 3 \times \overline{OP} = 4 \times \overline{OP} \Rightarrow \overline{OP} = \frac{21}{7} \text{ cm}$$

زاویه رأس P در مثلث OPO' با توجه به قضیه خطوط موازی و مورب برابر \hat{i} است و داریم:

گام سوم: با استفاده از قانون شکست اسنل، ضریب شکست محیط شفاف را به دست می‌آوریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{\theta_1 = \hat{i} = 53^\circ, \theta_2 = 37^\circ} 1 \times \sin 53^\circ = n_2 \sin 37^\circ \Rightarrow \frac{4}{5} = n_2 \times \frac{3}{5} \Rightarrow n_2 = \frac{4}{3}$$



روش دوم: با توجه به شکل مقابل و با استفاده از روابط مثلثاتی می‌توان نوشت:

$$\triangle OMN: \tan \hat{i} = \frac{\overline{ON}}{\overline{MN}} \Rightarrow \tan 37^\circ = \frac{\overline{ON}}{6} \xrightarrow{\tan 37^\circ = \frac{3}{4}} \overline{ON} = 4/5 \text{ cm}$$

$$\triangle O'MN: \tan \hat{i} = \frac{\overline{O'N}}{\overline{MN}} = \frac{\overline{OO'} + \overline{ON}}{\overline{MN}} \Rightarrow \tan \hat{i} = \frac{3/5 + 4/5}{6} = \frac{4}{3} \Rightarrow \hat{i} = 53^\circ$$

گام دوم: به کمک قانون شکست اسنل می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin \hat{i} = n_2 \sin \hat{r} \Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = n_2 \times \sin 37^\circ \Rightarrow n_2 = \frac{4}{3}$$

۲۳۶۱- گزینه ۱ قانون شکست اسنل برای ورود نور از محیط n_1 به n_2 به صورت $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ است.

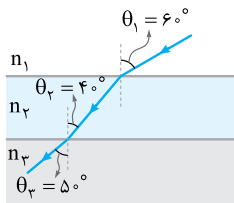
به همین ترتیب قانون شکست اسنل برای ورود نور از محیط n_2 به محیط n_3 هم به صورت $n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3$ است، پس در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که:

از طرفی سینوس زاویه حاده تابعی صعودی است، پس از نامساوی $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3$ می‌توان نتیجه گرفت:

$$\sin \theta_1 > \sin \theta_2 > \sin \theta_3$$

حالا اگر این نامساوی را با تساوی حاصل از قانون شکست اسنل ترکیب کنیم، خواهیم داشت:

$$n_1 < n_2 < n_3$$

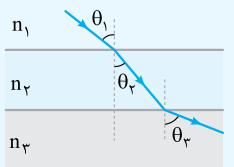


تمرین: تندی نور در این سه محیط شفاف را با هم مقایسه کنید. $v_1 > v_2 > v_3$

۲۳۶۲- گزینه ۳ با توجه به شکل تست $\theta_1 = 45^\circ$, $\theta_2 = 2^\circ$ و $\theta_3 = 6^\circ$ ، از قانون شکست اسنل برای سه محیط داریم:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3 \Rightarrow n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \xrightarrow{n = \frac{c}{v}} \frac{c}{v_1} \sin \theta_1 = \frac{c}{v_2} \sin \theta_2$$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin 6^\circ}{\sin 45^\circ} = \sqrt{\frac{3}{2}}$$



نکته: اگر چند محیط در مجاورت هم قرار داشته باشند و سطح مشترک همه آن‌ها با هم موازی باشد می‌توان در صورت نیاز محیط‌های بین دو محیط غیرمجاور را نادیده گرفت و قانون شکست اسنل را برای این دو محیط نوشت:

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

تیرش: زاویه شکست در محیط n_3 ($\theta_3 = 6^\circ$) بزرگ‌تر از زاویه تابش در محیط n_1 ($\theta_1 = 45^\circ$) است. طبق قانون شکست عمومی داریم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \xrightarrow{\theta_2 > \theta_1} \frac{v_2}{v_1} > 1$$

از بین گزینه‌ها فقط مقدار داده شده در ۲ بزرگ‌تر از یک است و فقط این گزینه می‌تواند جواب تست باشد.

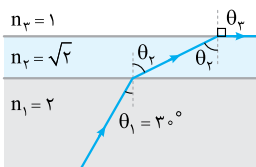
تمرین: رابطه بین ضریب شکست سه محیط شفاف را بنویسید. $n_2 > n_1 > n_3$

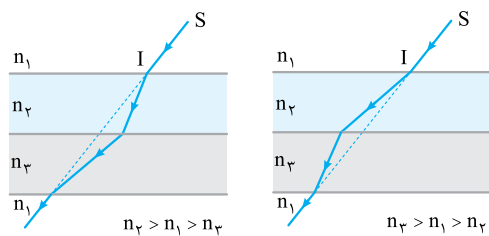
۲۳۶۳- گزینه ۲ با توجه به قانون شکست اسنل می‌توان نوشت:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 = n_3 \sin \theta_3 \Rightarrow 2 \times \sin 3^\circ = \sqrt{2} \times \sin \theta_2 = 1 \times \sin \theta_3$$

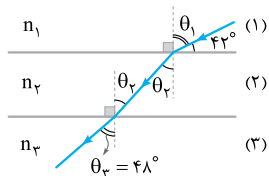
$$\Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_2 = 45^\circ \text{ و } \sin \theta_3 = 1 \Rightarrow \theta_3 = 90^\circ$$

با توجه به مقادیر به دست آمده برای θ_2 و θ_3 ، مسیر پرتو مطابق شکل است.





۲۳۶۴- گزینه ۳ اگر n_2 و n_3 هر دو بزرگتر از n_1 باشند، پرتو در این دو محیط به خط عمود نزدیک شده و پرتوی خروجی با این که با پرتوی ورودی موازی است، اما امتدادش عوض شده و به طرف راست جابه‌جا می‌شود. به طریق مشابه اگر n_2 و n_3 هر دو کوچکتر از n_1 باشند، امتداد پرتوی خروجی به طرف چپ جابه‌جا می‌شود. اما اگر ضریب شکست یکی از محیط‌ها بزرگتر از n_1 و دیگری کوچکتر از n_1 باشد، این امکان وجود دارد که راستای پرتو تغییر نکند. بدیهی است که اگر ضریب شکست سه محیط یکسان باشد، شکستی اتفاق نمی‌افتد و راستای پرتو هم تغییری نمی‌کند اما باید توجه داشت که الزامی برای این موضوع وجود ندارد.



۲۳۶۵- گزینه ۲ **گام اول** از روی شکل زاویه تابش اولیه را حساب می‌کنیم:

$$\theta_1 + 42^\circ = 90^\circ \Rightarrow \theta_1 = 90^\circ - 42^\circ = 48^\circ$$

$$\theta_2 = \theta_3 = 48^\circ$$

بنابراین زاویه‌های تابش اولیه و شکست نهایی با هم برابرند:

گام دوم طبق قانون شکست عمومی، تندی نور در محیط‌های (۱) و (۳) برابرند و این دو محیط طبق رابطه بین ضریب شکست و تندی نور، ضریب شکست یکسانی دارند؛ یعنی:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} &= \frac{v_2}{v_1} \xrightarrow{\theta_2 = \theta_1} \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \Rightarrow v_2 = v_1 = 2/5 \times 10^8 \text{ m/s} = 2/5 \times 10^5 \text{ km/s} \\ \frac{v_2}{v_1} &= \frac{n_1}{n_2} \xrightarrow{v_2 = v_1} 1 = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = n_1 \end{aligned} \right.$$

$$n_2 = n_1 + 0/25 n_2 = 1/25 n_2 = \frac{5}{4} n_2 \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{4}{5}$$

گام سوم حالا به کمک آن چه در صورت تست گفته شده، داریم:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = \frac{4}{5} \xrightarrow{v_2 = 2/5 \times 10^5 \text{ km/s}} \frac{v_2}{2/5 \times 10^5} = \frac{4}{5} \Rightarrow v_2 = \frac{4 \times 2/5 \times 10^5}{5} = \frac{1}{5} \times 10^5 = 2 \times 10^4 \text{ km/s}$$

گام چهارم اختلاف تندی نور در محیط‌های (۱) و (۲) را به دست می‌آوریم: $\Delta v = v_2 - v_1 = 2 \times 10^4 - 2/5 \times 10^5 = -0/5 \times 10^5 = -5 \times 10^4 \text{ km/s}$ علامت منفی نشان‌دهنده کم‌تر بودن v_2 از v_1 است.

۲۳۶۶- گزینه ۲ **گام اول** تندی نور در محیط (۲)، ۲۵ درصد کم‌تر از تندی نور در محیط (۱) است؛ بنابراین:

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

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \Rightarrow \frac{v_1}{3/4 v_1} = \frac{\sin 53^\circ}{\sin \theta_2} \Rightarrow \sin \theta_2 = \frac{3}{4} \times 0/8 = 0/6 \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ$$

گام دوم تندی نور در محیط (۴)، ۴۰ درصد بیشتر از تندی نور در محیط (۳) است؛ بنابراین:

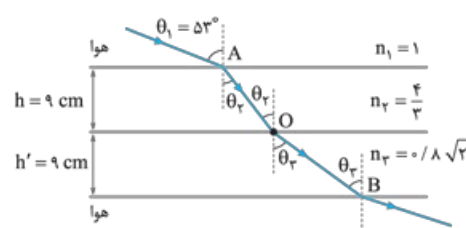
با نوشتن قانون شکست عمومی برای محیط‌های (۳) و (۴) داریم:

$$\frac{v_3}{v_4} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_4} \Rightarrow \frac{v_3}{1/4 v_3} = \frac{\sin \theta_3}{\sin 45^\circ} \Rightarrow \sin \theta_3 = \frac{0/7}{1/4} = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_3 = 30^\circ$$

گام سوم در نهایت قانون شکست اسنل را برای محیط‌های (۲) و (۳) می‌نویسیم:

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_3} \Rightarrow \frac{n_2}{n_3} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{1/2}{0/6} = \frac{5}{6}$$

۲۳۶۷- گزینه ۲ **گام اول** با استفاده از قانون شکست اسنل، زوایای شکست در محیط‌های (۲) و (۳) را به دست می‌آوریم:



$$\left\{ \begin{aligned} \text{محیط‌های (۱) و (۲): } n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 53^\circ = \frac{4}{3} \times \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times 0/8 = \frac{4}{3} \times \sin \theta_2 \Rightarrow \sin \theta_2 = 0/6 \Rightarrow \theta_2 = 37^\circ \\ \text{محیط‌های (۲) و (۳): } n_2 \sin \theta_2 &= n_3 \sin \theta_3 \Rightarrow \frac{4}{3} \sin 37^\circ = 0/8 \sqrt{2} \sin \theta_3 \Rightarrow \sin \theta_3 = \frac{4/3 \times 0/6}{0/8 \sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \theta_3 = 45^\circ \end{aligned} \right.$$

گام دوم حالا فاصله‌های \overline{AO} و \overline{OB} را به دست می‌آوریم:

$$\left\{ \begin{aligned} \cos \theta_2 &= \frac{h}{AO} \Rightarrow \cos 37^\circ = \frac{0/9}{AO} \Rightarrow \overline{AO} = \frac{0/9}{0/8} = \frac{9}{8} \text{ m} \\ \cos \theta_3 &= \frac{h'}{OB} \Rightarrow \cos 45^\circ = \frac{0/9}{OB} \Rightarrow \overline{OB} = \frac{0/9}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{9\sqrt{2}}{100} \text{ m} \end{aligned} \right.$$

کامیاب تندی انتشار نور در محیط‌های (۲) و (۳) به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\begin{cases} v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{4} \times 10^8 \text{ m/s} \\ v_3 = \frac{c}{n_3} = \frac{3 \times 10^8}{\frac{10}{8\sqrt{2}}} = \frac{30}{8\sqrt{2}} \times 10^8 \text{ m/s} \end{cases}$$

کامیاب مدت زمانی که نور فاصله A تا B را طی می‌کند، به صورت زیر به دست می‌آید:

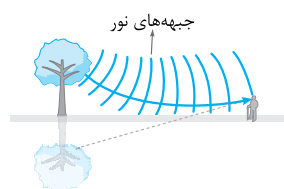
$$t_{\text{کل}} = t_{AO} + t_{OB} = \frac{AO}{v_2} + \frac{OB}{v_3} = \frac{9}{\frac{9}{4} \times 10^8} + \frac{9\sqrt{2}}{\frac{30}{8\sqrt{2}} \times 10^8} = 0.5 \times 10^{-9} + 0.48 \times 10^{-9} = 0.98 \times 10^{-9} \text{ s} \Rightarrow t_{\text{کل}} = 0.98 \text{ ns}$$

متأسفانه پس از این حل طولانی و زمان‌بر، گزینه درست در بین گزینه‌ها نبود!!

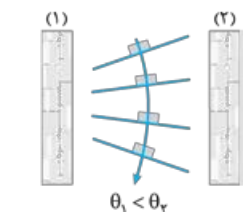


۲۳۶۸- گزینه ۴ پرتوی SI به طور عمود بر یکی از وجه‌های منشور تابیده است، بنابراین بدون انحراف وارد منشور می‌شود. در هنگام خروج پرتو از منشور، چون پرتو از محیط غلیظ وارد محیط رقیق می‌شود، باید از خط عمود دور شود که مانند شکل، پرتوی D این ویژگی را دارد.

۲۳۶۹- گزینه ۴ پرتو پس از ورود از هوا (محیط رقیق) به منشور شیشه‌ای (محیط غلیظ) به خط عمود نزدیک‌تر شده و به طرف پایین منحرف می‌شود (پرتوهای C و D). پس از عبور از منشور، پرتو عمود بر سطح کره می‌تابد، پس بدون شکست از آن عبور می‌کند (پرتوی D).



۲۳۷۰- گزینه ۴ در روزهای گرم، هر چه به سطح زمین نزدیک‌تر می‌شویم، دمای لایه‌های هوا بیشتر شده و چگالی هوا کاهش می‌یابد، در نتیجه ضریب شکست لایه‌های هوا کاهش می‌یابد. (درستی ۲) در نتیجه برای جبهه‌های موج که به طرف پایین می‌آیند، تندی در نزدیکی سطح زمین بیشتر است (درستی ۳)؛ بنابراین این پرتوها هر چه بیشتر به سطح زمین نسبتاً داغ نزدیک شده و بیشتر به سمت افق خم می‌شوند (درستی ۱) و مطابق شکل به چشم ما می‌رسند و طرحی مانند سطح آب (سراب آبیگر) تشکیل می‌شود. سراب یک خطای ذهن و یا یک تصویر مجازی نیست، بلکه یک تصویر حقیقی است که با نور واقعی به وجود می‌آید و می‌توان از آن عکس گرفت. (نادرستی ۴)



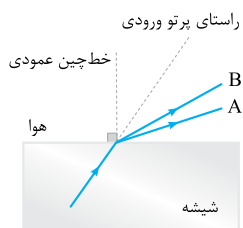
۲۳۷۱- گزینه ۲ داستان این تست شبیه به پدیده سراب است. لایه‌های هوای سالن که به دیواره گرم‌تر (۲) نزدیک‌ترند، دمای بالاتر و در نتیجه چگالی کم‌تری دارند. این کاهش چگالی باعث کاهش ضریب شکست هوای کنار دیواره (۲) نسبت به ضریب شکست هوای کنار دیواره (۱) می‌شود و طبق رابطه وارون ضریب شکست و تندی نور ($v \propto \frac{1}{n}$)، جبهه‌های موج در کنار دیواره (۲) تندتر از جبهه‌های موج در کنار دیواره (۱) حرکت می‌کنند و فاصله بین جبهه‌های موج در کنار دیواره (۲) مطابق شکل بیشتر از فاصله بین جبهه‌ها موج در کنار دیواره (۱) می‌شود. با توجه به لزوم عمودبودن پرتو بر جبهه‌های موج، شکل جبهه‌های موج و یک پرتوی آن در مجاورت دیوارها به صورت شکل مقابل خواهد بود.

۲۳۷۲- گزینه ۲ گفتیم که عموماً ضریب شکست یک محیط معین برای طول موج‌های کوتاه‌تر، بیشتر است؛ بنابراین با توجه به بلندتر بودن طول موج نور قرمز از نور بنفش، ضریب شکست شیشه برای نور قرمز کم‌تر از نور بنفش است، یعنی $n_r < n_v$.

$$n = \frac{c}{v} \xrightarrow{\text{ثابت } c} \frac{n_r}{n_v} = \frac{v_v}{v_r} \xrightarrow{n_r < n_v} \frac{v_v}{v_r} < 1 \Rightarrow v_r > v_v$$

حالا از تعریف ضریب شکست داریم:

! ضریب شکست خلأ برای همه طول موج‌ها برابر یک است.

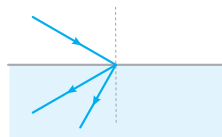


۲۳۷۳- گزینه ۴ با توجه به نمودار $\lambda_A < \lambda_B$ است؛ در نتیجه $n_A > n_B$ است. پس اگر پرتوی فرودی شامل نورهای A و B از شیشه وارد هوا شود، زاویه شکست پرتویی بزرگ‌تر است که ضریب شکست شیشه برای آن، بزرگ‌تر باشد.

$$n \sin i = n_1 \sin r \Rightarrow \sin r = \left(\frac{n}{n_1}\right) \sin i \xrightarrow{n_A > n_B} r_A > r_B$$

هم‌چنین چون پرتوی فرودی از محیط غلیظ (شیشه) وارد محیط رقیق (هوا) شده است. پرتوهای A و B باید از خط عمود دور شوند.

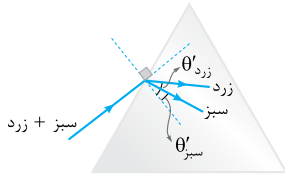
۲۳۷۴- گزینه ۱ پرتوی SI از محیط با ضریب شکست کم‌تر (هوا) وارد محیط با ضریب شکست بیشتر (مایع) شده است؛ بنابراین پرتوها به خط عمود نزدیک می‌شوند (رد ۲ و ۴). هم‌چنین با توجه به کوتاه‌تر بودن طول موج نور سبز نسبت به نور قرمز، ضریب شکست محیط برای نور سبز بیشتر از نور قرمز است، بنابراین پرتوی سبز بیشتر منحرف شده و به خط عمود بیشتر نزدیک می‌شود. (رد ۲).



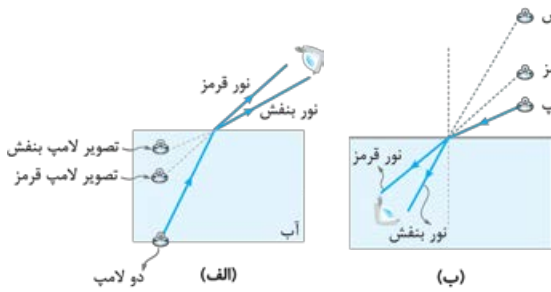
! همه پرتوهای تشکیل‌دهنده یک نور مرکب باید در یک طرف امتداد انتشار پرتوی فرودی باشند. برای مثال چون هر یک از پرتوهای قرمز و سبز در یک طرف امتداد انتشار پرتوی فرودی قرار دارند، شکل ۴ از لحاظ فیزیکی ممکن نیست. هم‌چنین پرتوهای فرودی و شکسته، خط‌چین عمود بر مرز مشترک را قطع می‌کنند و نمی‌توانند مانند شکل مقابل همگی در یک طرف خط‌چین باشند.



۲۳۷۵- گزینه ۱ ضریب شکست تیغه برای نور آبی بیشتر از نور قرمز است؛ پس پرتوی آبی در تیغه بیشتر از پرتوی قرمز منحرف می‌شود و در نتیجه در داخل تیغه، دو پرتو در حال نزدیک‌شدن به یکدیگر هستند و همگرا می‌باشند. از طرف دیگر پس از شکست مجدد دو پرتو و ورود آن‌ها به هوا، هر دو پرتو به موازات امتداد اولیه خود خارج می‌شوند که در این حالت دو پرتوی آبی و قرمز با هم موازی می‌باشند.



۲۳۷۶- گزینه ۲ طول موج نور سبز کوتاه‌تر از نور زرد است؛ بنابراین ضریب شکست منشور برای نور سبز بیشتر است. مطابق شکل زیر در داخل منشور میزان انحراف پرتوی سبز بیشتر از پرتوی زرد است و برای زاویه شکست دو پرتو می‌توان نوشت:



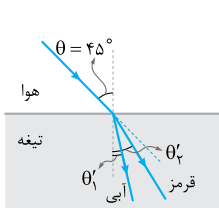
۲۳۷۷- گزینه ۳ **گام اول** گفتیم که هر چه طول موج نور تکرنگ کوتاه‌تر باشد، ضریب شکست محیط شفاف برای این نور بیشتر است و آن نور در اثر شکست بیشتر منحرف می‌شود. حالا به شکل (الف) نگاه کنید.

در حالت اول با توجه به انحراف بیشتر نور بنفش، تصویر لامپ بنفش نزدیک به سطح آب دیده می‌شود، در حالی که انحراف کم‌تر نور قرمز سبب می‌شود تصویر لامپ قرمز در عمق بیشتری به نظر برسد.

گام دوم در حالت دوم و مطابق شکل (ب) به دلیل انحراف بیشتر نور بنفش نسبت به نور قرمز، تصویر لامپ بنفش در ارتفاع بیشتری (بالتر) دیده می‌شود.

۲۳۷۸- گزینه ۲ **گام اول** ضریب شکست تیغه برای پرتوی قرمز (که طول موج آن نسبت به آبی بلندتر است) کم‌تر است؛ بنابراین پرتوی قرمز پس از ورود به تیغه کم‌تر از پرتوی آبی منحرف می‌شود و پرتوی (۲) نشان‌دهنده پرتوی قرمز است.

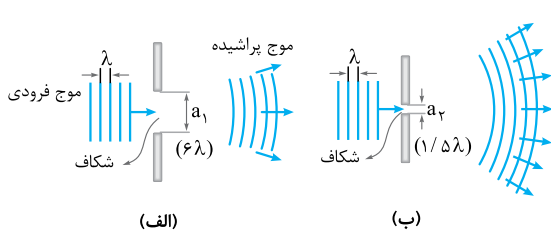
گام دوم قانون شکست اسنل را به صورت جداگانه برای هر کدام از پرتوها می‌نویسیم تا زاویه شکست هر یک از آن‌ها به دست آید:



$$\left\{ \begin{aligned} n_1 \sin \theta &= n_2 \sin \theta' \quad \frac{n_1=1, \theta=45^\circ}{n_2=\sqrt{2}} \rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = \sqrt{2} \times \sin \theta'_y \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \times \sin \theta'_y \\ \Rightarrow \sin \theta'_y &= \frac{1}{2} \Rightarrow \theta'_y = 30^\circ \\ n_1 \sin \theta &= n_2 \sin \theta'_r \quad \frac{n_1=1, \theta=45^\circ}{n_2=\frac{5\sqrt{2}}{6}} \rightarrow 1 \times \sin 45^\circ = \frac{5\sqrt{2}}{6} \times \sin \theta'_r \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{5\sqrt{2}}{6} \sin \theta'_r \\ \Rightarrow \sin \theta'_r &= \frac{3}{5} \Rightarrow \theta'_r = 37^\circ \end{aligned} \right.$$

$$\Delta\theta = \theta'_r - \theta'_y = 37^\circ - 30^\circ = 7^\circ$$

زاویه بین دو پرتو برابر است با:



۲۳۷۹- گزینه ۲ مطابق شکل (الف) وقتی پهنای شکاف خیلی بزرگ‌تر از طول موج است، قسمتی از موج که از شکاف می‌گذرد، تقریباً تخت باقی می‌ماند، اما وقتی مطابق شکل (ب) پهنای شکاف نزدیک به طول موج شود، قسمتی از موج که از شکاف می‌گذرد، از حالت موج تخت خارج شده و به اطراف گسترده می‌شود. به این پدیده که موج در عبور از یک شکاف از مرتبه طول موج خم شده و به اطراف گسترده می‌شود، پراش می‌گویند. پراش حاصل تداخل امواج است.

۲۳۸۰- گزینه ۲ می‌دانیم در صورتی که ابعاد مانع یا شکاف در حدود طول موج باشد، بخشی از موج که از لبه‌ها یا شکاف‌ها عبور می‌کند، به وضوح خم شده و به اطراف مانع یا شکاف گسترده می‌شود که به این پدیده پراش می‌گویند؛ بنابراین تا همین جا (۲) نادرست است. از طرف دیگر پراش برای همه انواع موج‌ها از جمله امواج نوری و امواج صوتی رخ می‌دهد (درستی (۳)). طول موج امواج رادیویی AM بیشتر از امواج FM است؛ بنابراین برای شکافی با ابعاد معین پراش امواج AM بارزتر از پراش امواج FM است (درستی (۱)). در پدیده پراش بسامد نور تغییر نمی‌کند؛ بنابراین با توجه به ثابت ماندن تندی نور در یک محیط و براساس $\lambda = \frac{v}{f}$ ، طول موج نور پس از پراشیده شدن تغییری نمی‌کند. (درستی (۴))

نکته وضوح پدیده پراش متناسب با $\frac{\lambda}{a}$ است یعنی هر چه مقدار $\frac{\lambda}{a}$ بیشتر باشد، پراش با وضوح بیشتری رخ می‌دهد. بر این اساس: (۱) به ازای یک طول موج معین (ثابت: λ) هر چه پهنای شکاف کم‌تر باشد، پراش با وضوح بیشتری رخ می‌دهد. (۲) به ازای شکافی با پهنای معین (ثابت: a) هر چه طول موج پرتو بیشتر باشد، پراش با وضوح بیشتری رخ می‌دهد.

۲۳۸۱- گزینه ۲ وقتی گیرنده به دلیل وجود یک تپه یا ساختمان در معرض ارسال مستقیم امواج یک آنتن نباشد، همچنان سیگنال را به دلیل پراش امواج از لبه‌های مانع دریافت خواهد کرد، به شرط این‌که سیگنال در اطراف آن مانع به اندازه کافی به داخل ناحیه سایه پراشیده شود. مقدار پراش به نسبت طول موج نور به اندازه مانعی بستگی دارد که سایه می‌افکند. طول موج‌های بلندتر پراش بیشتری به وجود می‌آورند. بسامد سیگنال‌های تلویزیونی جدید بسیار بیشتر از سیگنال‌های تلویزیونی قدیمی است؛ بنابراین به دلیل کاهش طول موج سیگنال‌ها، پراش سیگنال‌ها به ناحیه سایه کاهش یافته و امکان دریافت سیگنال‌ها توسط گیرنده‌ای که در ناحیه سایه مانع قرار دارند نیز کاهش می‌یابد.

۲۳۸۲- گزینه ۲ برای پراشیده شدن یک موج از یک مانع، لازم است ابعاد مانع (a) در حدود ابعاد طول موج (λ) باشد؛ بنابراین کافی است طول موج امواج را حساب کنیم:

$$\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^9} \Rightarrow \lambda = 1/5 \times 10^{-1} \text{ m} \Rightarrow \lambda = 15 \text{ cm}$$

برای همه ابعاد داده شده در گزینه‌ها پراش رخ می‌دهد. برای موانعی که ابعاد آن در حدود $1/5 \text{ m}$ و 15 m است پدیده پراش بارز نیست و زمانی که ابعاد مانع در حدود 15 cm و کوچک‌تر شود پدیده پراش بارز خواهد بود.



۲۳۸۳- گزینه ۳ هر چه طول موج نور بیشتر و پهنای شکاف کم تر باشد ($\frac{\lambda}{a}$ بزرگ تر باشد)، نقش پراش بارزتر خواهد شد. بنابراین باید λ ی بزرگ تر (۶۰۰ nm = نارنجی) و پهنای شکاف کوچک تر ($a = 0.9 \mu\text{m}$) را انتخاب کنیم.

۲۳۸۴- گزینه ۳ **گام اول** با توجه به تغییر نکردن سایر عوامل، انجام آزمایش در آب باعث تغییر طول موج نور و صوت می شود. تندی و طول موج نور در آب کم تر از هواست؛ بنابراین با انجام آزمایش (الف) در آب، طول موج نور کاهش و وضوح پدیده پراش کم تر می شود.

وضوح پراش نور در هوا < وضوح پراش نور در آب $\xrightarrow{\lambda \propto \text{وضوح پراش}}$ $\lambda_{\text{آب}} < \lambda_{\text{هوا}}$ $\xrightarrow{v \propto \lambda}$ $v_{\text{آب}} < v_{\text{هوا}}$ آزمایش (الف)

گام دوم تندی و طول موج صوت در آب بیشتر از هواست؛ بنابراین با انجام آزمایش (ب) در آب، طول موج صوت افزایش و وضوح پدیده پراش بیشتر می شود.

وضوح پراش صوت در هوا > وضوح پراش صوت در آب $\xrightarrow{\lambda \propto \text{وضوح پراش}}$ $\lambda'_{\text{آب}} > \lambda'_{\text{هوا}}$ $\xrightarrow{v \propto \lambda}$ $v'_{\text{آب}} > v'_{\text{هوا}}$ آزمایش (ب)