به نام خدا

فیزیک نور

(رشته گرافیک)

جلسه اول

تهیه و تنظیم:

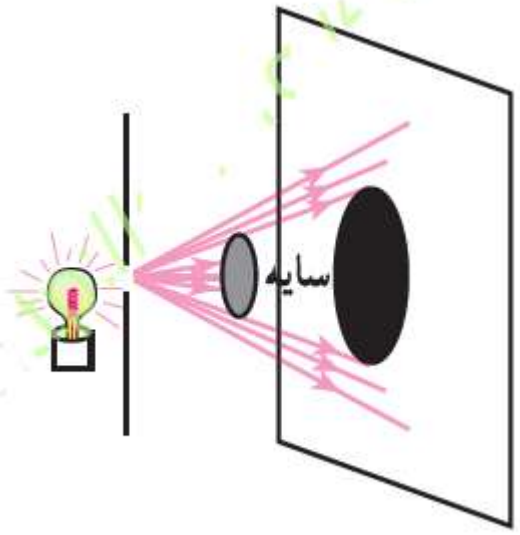
دکتر الهه غریب شاهیان

عضو هیئت علمی دانشگاه فنی حرفه ای

۱. انتشار نوربه خط راست:

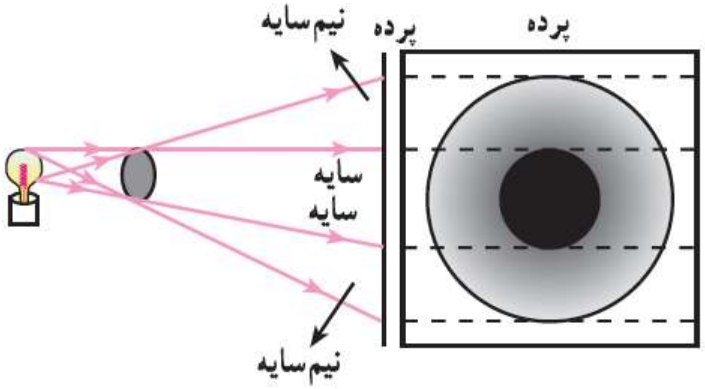
با توجه به اینکه نور به خط راست منتشر می‌شود، هر پرتو نور را با یک خط راست و پیکانی بر روی آن، که جهت انتشار نور را مشخص می‌کند، نشان می‌دهیم.

سایه و نیم‌سایه: سایه‌ی اشیا و یا سایه‌ی خودتان را بارها روی زمین یا روی دیوار دیده‌اید. سایه از قرار گرفتن یک جسم کدر (غیرشفاف) در مقابل روشنایی (یا یک چشمه‌ی نور) تشکیل می‌شود.



شکل۱. انتشار نور از چشمه نور نقطه ای به خط راست و تشکیل سایه

هرگاه روزنه را از مقابل چراغ برداریم، مرز سایه کاملاً مشخص نخواهد بود. در این وضع در اطراف سایه، ناحیه‌ای نیمه روشن ایجاد می‌شود که به آن **نیم‌سایه** می‌گوییم. شکل (2) چگونگی تشکیل سایه و نیم‌سایه را به وسیله‌ی یک چشمه‌ی نور گسترده نشان می‌دهد.



شکل۲. تشکیل سایه و نیم سایه با استفاده از چشمه نور گسترده

خورشید گرفتگی:

خورشید گرفتگی زمانی رخ می دهد که ماه بین زمین و خورشید قرار گیرد. در این صورت سایه ماه بر روی زمین می افتد و ناحیه ای از زمین که در سایه ماه قرار میگیرد تاریک می شود.

شکل۳. خورشید گرفتگی

ماه گرفتگی:

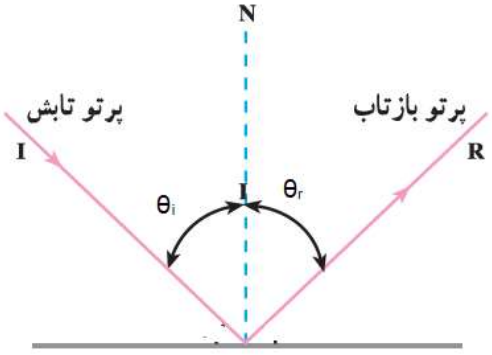
ماه گرفتگی زمانی اتفاق می افتد که زمین بین ماه و خورشید قرار بگیرد. در این صورت سایه زمین بر روی ماه می افتد.

شکل٤. ماه گرفتگی

۲. بازتاب نور:

بازگشت نور از سطح اجسام را بازتاب نور می‌نامیم. سطح‌های صیقلی نظیر ورقه‌های تمیز نیکلی یا نقره‌اندود، یا شیشه‌هایی که یک طرف آن‌ها جیوه‌اندود شده است، نظیر آینه‌ها، پدیده‌ی بازتاب را به‌خوبی نشان می‌دهند. بازتاب از این سطح‌ها را بازتاب آینه‌ای می‌نامند.

پرتو نوری که به سطح جسم می‌تابد پرتو تابش و پرتو بازگشته از سطح را پرتو بازتاب می‌نامند. نقطه‌ای را که نور به آن می‌تابد نقطه‌ی تابش، زاویه‌ی بین پرتو تابش و خط عمود بر سطح در نقطه‌ی برخورد نور را زاویه‌ی تابش θ_i و زاویه‌ی بین خط عمود و پرتو بازتاب را زاویه‌ی بازتاب θ_r می‌نامیم.



شکل۵. شماتیکی از پرتو تابش و بازتاب

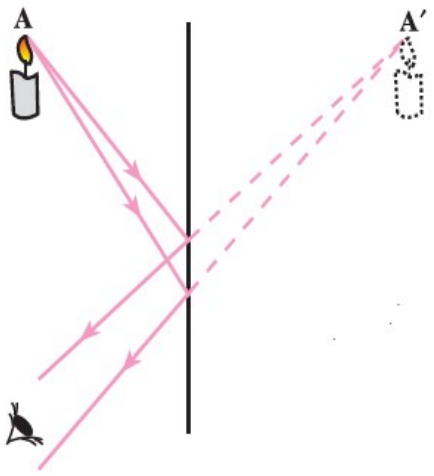
قانون‌های بازتاب:

الف ــ پرتو تابش، پرتو بازتاب و خط عمود بر سطح آینه در نقطه‌ی تابش، هر سه در یک صفحه‌اند.

ب ــ زاویه‌ی تابش و زاویه‌ی بازتاب با هم برابرند.

۳. تصویر در آینه تخت:

هنگامی که یک شئ مقابل آینه قرار می‌گیرد از هر نقطه‌ی آن (نظیر نقطه‌ی A در شکل (6)) پرتوهای نور به آینه می‌تابد، این پرتوها پس از بازتاب از سطح آینه به چشم بیننده می‌رسند. مثل این است که این پرتوها از A' به چشم می‌رسند. نقطه‌ی A' که محل به‌هم رسیدن پرتوهای بازتاب‌اند، تصویر نقطه‌ی A است. با این روش می‌توانیم، تصویر هر نقطه‌ی دیگری از شئ را به کمک حداقل دو پرتو که از آن نقطه به آینه می‌تابد مشخص کنیم.



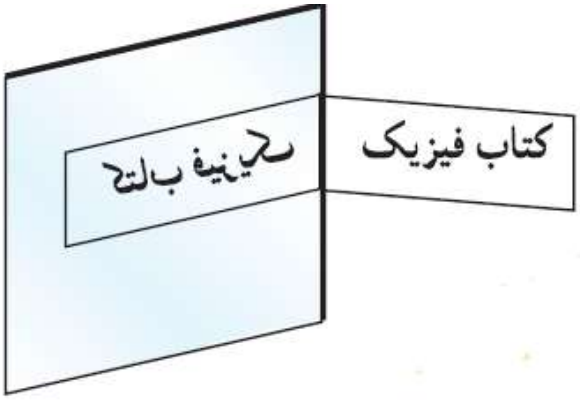
شکل٦. شماتیکی از تشکیل تصویر در آینه تخت

ویژگی های تصویر در آینه تخت:

۱ــ همان‌طورکه در مورد چگونگی دیده‌شدن تصویر در آینه، در شکل ((6)) شرح داده شده اگر واقعاً در محل A' نقطه‌ی نورانی وجود داشت و پرتوهایی از آن به چشم می‌رسید، آن پرتوها مانند پرتوهایی بودند که از سطح آینه به چشم رسیده‌اند، به همین سبب انسان تصور می‌کند نقطه‌ی نورانی A در A' است. A' **را تصویر مجازی A می‌نامیم**. همان‌طور که در شکل ((6)) دیده می‌شود، تصویر مجازی از برخورد امتداد پرتوهای بازتاب حاصل می‌شود.

۲ــ در آینه‌ی تخت، طول تصویر با طول شئ برابر است.

۳ــ همان‌گونه که شکل ((6)) نشان می‌دهد، تصویر در آینه‌ی تخت نسبت به جسم مستقیم است.



شکل۷. تصویر در آینه تخت

درحالی که نوشته‌ی روی کاغذ از راست به چپ خوانده می‌شود، تصویر نوشته را باید از چپ به راست خواند. این تغییر سمت را که به‌وسیله‌ی آینه حاصل شده است **وارونی جانبی** می‌نامند.

تمارین:

۱- نیمسایه را تعریف کنید.

۲- فاصله جسمی تا روزنه اتاق تاریکی ۴۰ cm است. اگر جسم را ۸۰ cm دورتر ببریم ابعاد تصویر نسبت به حالت اول چند برابر می شود.

۳- یک چشمه نور کروی به قطر ۱cm را در برابر کره ای از یک جسم کدر به قطر ۴ cm و به فاصله ۵۰ cm از آن قرار می دهیم. اگر پرده ای به فاصله ی ۱mm از قرص قرار گیرد پهنای نیمسایه و قطر سایه را حساب کنید.

۴- درختی به طول ۵m در فاصله صدمتری یک اتاق تاریک قرار دارد. اگر عمق اتاق تاریک (فاصله دریچه تا شیشه مات) ۲۰cm باشد طول تصویر چند است ؟ اگر قطر روزنه را بزرگتر کنیم اندازه و روشنایی تصویر چه تغییری می کند ؟

۵- اصل فرما چیست ؟

۶- اصطلاحات زیر را تعریف کنید:

الف- زاویه تابش ب- زاویه بازتاب ج- بازتاب منظم د- بازتاب نامنظم

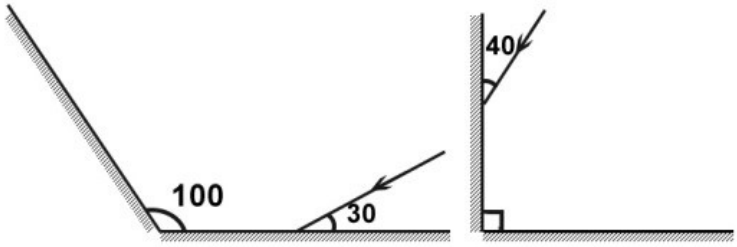
۷- قوانین بازتابش نور را بیان نمایید و در شکلی زوایا را مشخص کنید.

۸- خورشیدگرفتگی را تعریف کنید و چگونگی تشکیل خورشیدگرفتگی را رسم نمایید.

۹- ماه گرفتگی را تعریف کنید و چگونگی تشکیل ماه گرفتگی را رسم نمایید.

۱۰- تعداد تصویر تشکیل شده در دو آینه متقاطع با زاویه ۹۰درجه را رسم نمایید.

۱۱- در شکل های داده شده زاویه بازتاب و پرتو بازتاب را تعیین نمایید.



۱۲.زاویه بین دو آینه‌ی تخت 30° است. مجموعاً چند تصویر در این آینه‌ها تشکیل می‌شود؟

۱۳.جسمی را ثابت نگه داشته و آینه را به اندازه‌ی ۲/۵ متر به جسم نزدیک می‌کنیم. تصویر آن چند متر به آینه و جسم نزدیک می‌شود؟

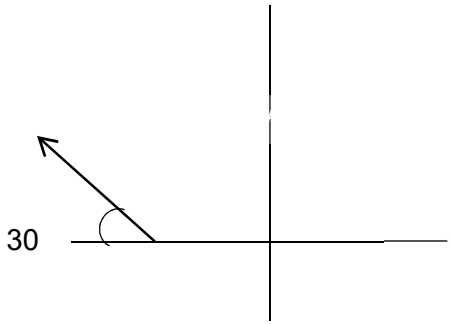
۱۴. جسمی که در فاصله‌ی ۵ متری یک آینه‌ی تخت قرار دارد را ۲/۵ متر از آینه دورتر کردیم. فاصله‌ی جسم تا تصویر چقدر خواهد شد؟

۱۵.فاصله‌ی یک شمع تا آینه‌ی تخت ۲۷ سانتی‌متر است. اگر آینه را از شمع ۳۰ میلی‌متر دور کنیم، فاصله‌ی شمع تا تصویر آن در آینه چند سانتی‌متر خواهد شد؟

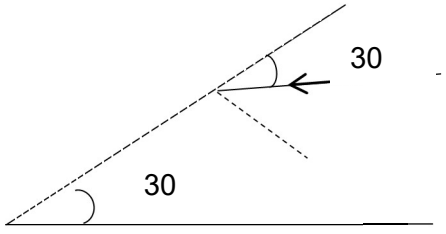
۱۶. فاصله‌ی یک جسم تا تصویرش در آینه‌ی تخت ۱۸ متر است. جسم را چگونه جابه‌جا کنیم تا فاصله‌ی تصویر و جسم نصف حالت اول شود.

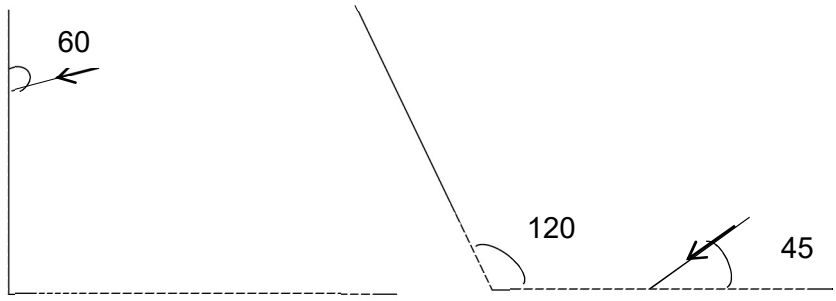
۱۷. یک آینه تخت دایره‌ای شکل به شعاع $۱۰cm$ بر روی دیوار نصف است و شخصی که در نیم‌متری آینه ایستاده تصویر درختی را که در $۳/۵m$ پشت سرش قرار دارد را به طور کامل در آینه می‌بیند طول درخت چقدر است؟

۱۸. میله‌ی AB مطابق شکل، جلو آینه‌ی تخت M قرار دارد. زاویه بین راستای میله و تصویرش در آینه را حساب کنید.



۱۹.در هر یک از شکل‌های زیر، زاویه‌ای بازتاب از آینه دوم چندر درجه است؟





۲۰.شخصی مقابل آینه‌ی تختی ایستاده است. اگر شخص و آینه به ترتیب با سرعت‌های $۳\ m/s$ و $۱\ m/s$ به طرف یکدیگر حرکت کند، سرعت انتقال تصویر نسبت به شخص چند متر بر ثانیه است؟

به نام خدا

فیزیک نور

(رشته گرافیک)

جلسه دوم و سوم

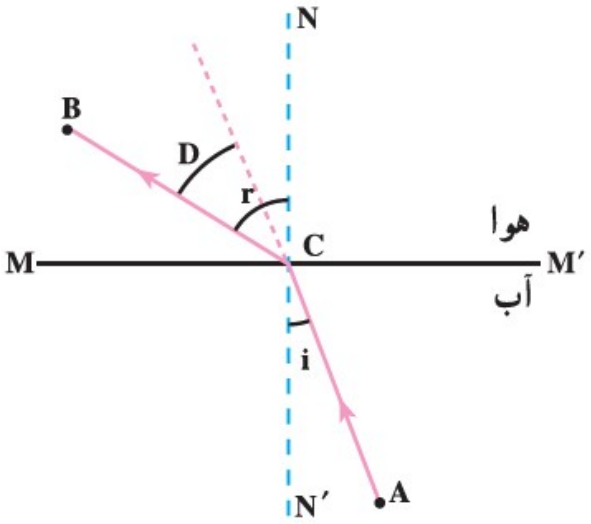
تهیه و تنظیم:

دکتر الهه غریب شاهیان

عضو هیئت علمی دانشگاه فنی حرفه ای

۱. شکست نور:

وقتی نور به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر می‌تابد، مسیرش تغییر می‌کند. به بیان دیگر، پرتو نوری که به طور مایل به سطح جدایی دو محیط شفاف می‌تابد، هنگام گذر از سطح جدایی دو محیط، شکسته می‌شود. به این پدیده شکست نور می‌گوییم.



شکل۸. شماتیکی از شکست نور هنگام عبور از فصل مشترک دو محیط

قوانین شکست:

۱ــ پرتو تابش، خط عمود بر سطح جداکننده‌ی دو محیط، در نقطه‌ی تابش و پرتو شکست در یک صفحه واقع‌اند.

۲ــ نسبت سینوس زاویه‌ی تابش به سینوس زاویه‌ی شکست، برای پرتوهایی که از یک محیط شفاف (محیط A) وارد محیط شفاف دیگری (محیط B) می‌شوند مقداری ثابت است. این مقدار را ضریب شکست محیط B نسبت به محیط A می‌گویند و آن را با n نشان می‌دهند. ضریب شکست n بستگی به جنس دو محیطی دارد که نور از یکی وارد دیگری می‌شود.

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

مثال) یک پرتو نور از آب به فصل مشترک شیشه – آب برخورد می کند. اگر زاویه ای که نور با خط عمود می سازد در آب برابر ۶۰ درجه باشد زاویه شکست را بدست آورید.

$$n_{water} = ۱.۳۳ \quad and \quad n_{glass} = ۱.۵$$

با توجه به داده های مسئله داریم :

$$n_۱ = ۱.۵ \text{ و } n_۲ = ۱.۵ \text{ و } \theta_۱ = ۶۰ \text{ و } \theta_۲ = ? \text{ و }$$

با جایگذاری در رابطه $n_۱ \sin(\theta_۱) = n_۲ \sin(\theta_۲)$ خواهیم داشت:

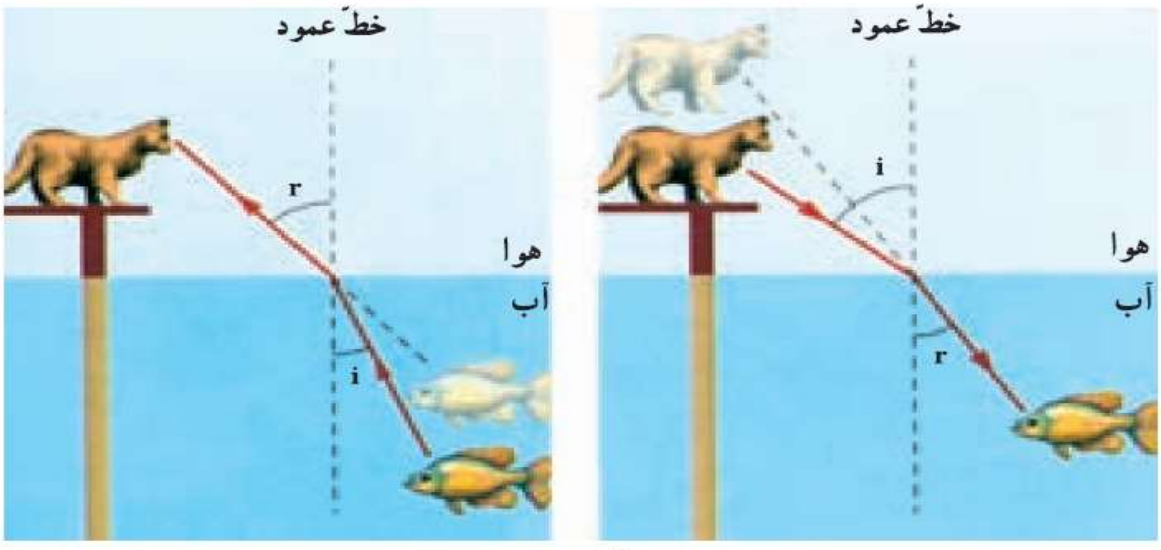
$$۱.۳۳ \sin(۶۰) = ۱.۵ \sin(\theta_۲)$$

$$\boldsymbol{\theta_2 = 48.59}$$

عمق ظاهری و عمق واقعی:

شکل ((9)) مکان واقعی و ظاهری یک ماهی را در یک آکواریوم نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، گربه، ماهی را بالاتر از مکان واقعی خود می‌بیند و ماهی نیز گربه را دورتر از مکان واقعی خود مشاهده می‌کند.

شما نیز احتمالاً تجربه کرده‌اید هنگامی که از هوا به جسمی در داخل آب نگاه می‌کنیم آن جسم به سطح آب نزدیک‌تر و وقتی که از داخل آب به جسمی در هوا نگاه می‌کنیم، دورتر به‌نظر می‌رسد.



شکل۹. عمق ظاهری و عمق واقعی

$$\frac{h'}{h} = \frac{n_2}{n_1}$$

مثال

عمق ظاهری یک استخر ۱/۵ m است. اگر ضریب شکست آب برابر ۱/۳ باشد، عمق واقعی استخر را محاسبه کنید.

حل

$$O'A = \frac{OA}{n}$$

$$1/5 = \frac{OA}{1/3}$$

$OA \simeq 2m$ عمق واقعی استخر

رابطه ضریب شکست و سرعت نور در دو محیط

سرعت انتشار نور در خلأ، بیشتر از سرعت انتشار نور در هر محیط شفاف دیگر است. سرعت انتشار نور در خلأ تقریباً ۳۰۰،۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است ؛ یعنی نور در خلأ فاصله‌ی ۳۰۰،۰۰۰ کیلومتر را در مدت یک ثانیه می‌پیماید. سرعت نور در هوا نیز تقریباً همین مقدار است. در محیط‌های شفاف مثل آب، شیشه و ... سرعت نور کمتر از سرعت نور در هوا است.

	سرعت نور km/s	ضریب شکست
یخ	۲۲۹.۱۸۲	۱/۳۰۹
بنزن	.....	۱/۵۰۱
کربن دی‌سولفات	۱۸۴.۲۷۵	۱/۶۲۸
پلی‌استیرن	۲۰۱.۳۴۲	.....
سدیم کلراید	۱۹۴.۳۰۰	۱/۵۴۴
گلیسرین	.....	۱/۴۷۳
هوا	۳۰۰،۰۰۰	۱
آب	۲۲۵.۰۰۰	.....
شیشه	.....	۱/۵۲۰
الماس	۱۲۵.۰۰۰	.....

علّت شکست نور هنگامی که به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط شفاف دیگر گذر می‌کند، همین تفاوت سرعت نور در دو محیط است.

نسبت سرعت نور در هوا به سرعت نور در یک محیط شفاف همان ضریب شکست است:

$$\text{ضریب شکست مادّه‌ی شفاف} = \frac{\text{سرعت نور در هوا}}{\text{سرعت نور در مادّه‌ی شفاف}}$$

اگر سرعت نور در هوا c و سرعت نور در مادّه‌ی شفاف v باشد داریم :

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

هر قدر ضریب شکست مادّه‌ی شفاف بیشتر باشد سرعت نور در آن محیط کمتر است، درنتیجه نور بیشتر شکسته می‌شود و زاویه‌ی انحراف بیشتر می‌شود.

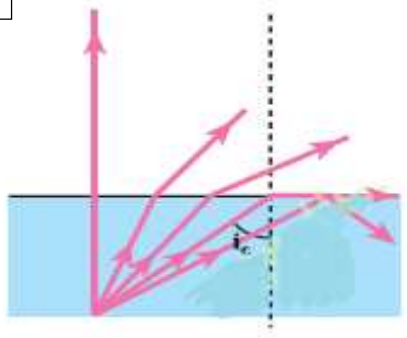
مثال) اگر ضریب شکست یخ n=1.30 باشد سرعت نور در یخ را بدست آورید.

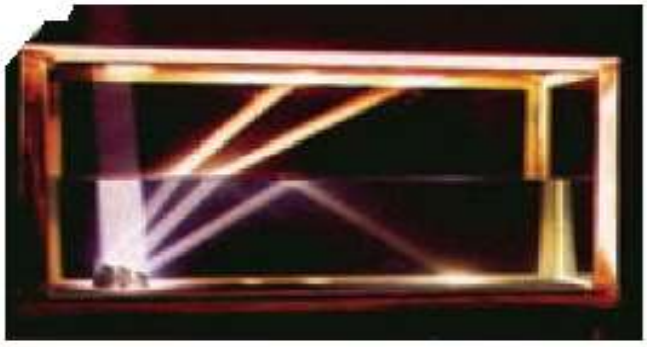
حل: می دانیم $n = \frac{C}{V}$ و $C = ۳ \times ۱۰^۸ \frac{m}{s}$ ، بنابراین با جاگذاری خواهیم داشت:

$$۱.۳۰ = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{V} \rightarrow V = \frac{۳ \times ۱۰^۸}{۱.۳۰} \rightarrow V = ۲.۳۰ \times ۱۰^۸$$

زاویه حد:

دیدیم که اگر نور از محیطی با ضریب شکست بیشتر (غلیظ) وارد محیطی با ضریب شکست کمتر (رقیق) شود (برای مثال از درون آب به هوا) پرتو شکست از خط عمود دور می‌شود و زاویه‌ی شکست از زاویه‌ی تابش بزرگ‌تر خواهد شد. در این صورت هرچه زاویه‌ی تابش زیاد شود زاویه‌ی شکست هم زیاد می‌شود. حال اگر زاویه‌ی شکست به ۹۰° برسد (یعنی پرتو شکست بر سطح جدایی دو محیط مماس شود) زاویه‌ی تابش به مقداری رسیده است که به آن **زاویه‌ی حد** می‌گوییم. در شکل **(10)** زاویه‌ی حد نشان داده شده است





شکل ۱۰.

با استفاده از قانون شکست نور می‌توان زاویه‌ی حد هر محیطی را که ضریب شکست آن بزرگ‌تر از ضریب شکست محیطی است که با آن مرز مشترک دارد تعیین نمود، درصورتی که محیط دوّم هوا باشد

$$\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{۱}{n} \text{ و } r=۹۰^\circ$$

$$\frac{\sin i}{\sin ۹۰^\circ}=\frac{۱}{n}$$

$$\sin i=\frac{۱}{n}$$

اگر زاویه حد را با θ_c نمایش دهیم داریم:

$$\sin(\theta_c)=\frac{n_۲}{n_۱}$$

بازتابش کلی :

اگر زاویه ی تابش در محیط غلیظ، بیش تر از زاویه حد باشد .سطح مشترک دو محیط مانند یک آینه، پرتو تابش را به محیط غلیظ بازتاب می کند. این پدیده را بازتابش کلی می نامند.

بنابراین:

اگر زاویه ی تابش کم تر از زاویه ی حد باشد، پرتو شکست یافته و به محیط دوم وارد می شود.

اگر زاویه ی تابش برابر زاویه ی حد است، زاویه شکست برابر ۹۰ درجه خواهد بود و پرتو مماس بر سطح مشترک خارج می شود.

اگر زاویه ی تابش بیش تر از زاویه ی حد باشد، پرتو نمی تواند از فصل مشترک دو محیط خارج شود و به محیط غلیظ بازتاب خواهدشد.

مثال۱) اشعه نوری در یک مکعب شیشه ای که کاملا در آب غوطه ور است حرکت می کند. اگر اشعه به فصل مشترک شیشه – آب با زاویه بزرگتر و برابر ۶۰ برخورد کند هیچ نوری در آب شکسته نمی شود. اگر ضریب شکست آب برابر ۱,۳۳ باشد ضریب شکست شیشه را بدست آورید.

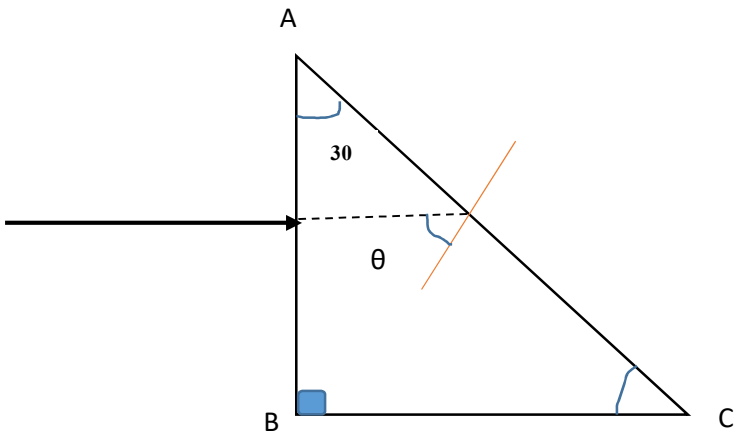
حل: با توجه به داده های مسئله داریم:

$\theta_c = 60$ و $n_2 = 1.33$ و $n_1 =$? بنابراین با جایگذاری در رابطه $sin(\theta_c) = \frac{n_2}{n_1}$ خواهیم داشت:

$$sin(60) = \frac{1.33}{n_1} \rightarrow n_1 = 1.56$$

مثال۲) مطابق شکل زیر نوری عمود بر وجه AB از منشور شیشه ای با ضریب شکست n=1.5 تابانده می شود. زاویه برخورد با وجه AC (زاویه θ) چقدر باشد که نور از وجه AC خارج نگردد و در نقطه برخورد بازتابش کلی اتفاق بیفتد.

راه حل



Sin(θc)=$\frac{n_2}{n_1}$

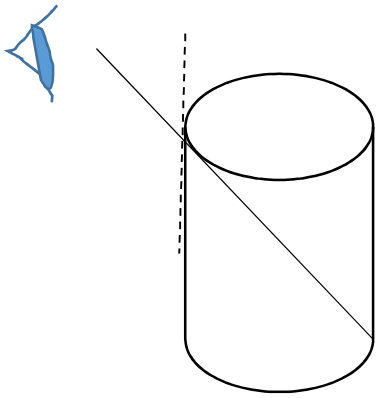
Sin(θ)= $\frac{1}{1.5}$

Sin(θ)= 0.66

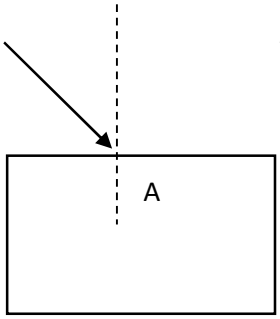
Θ=41.29

تمرین:

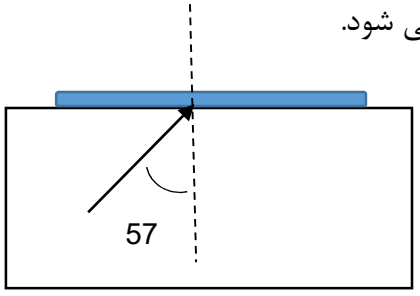
۱.شخصی در امتداد لبه های عمودی یک لیوان شیشه ای استوانه ای مطابق شکل زیر نگاه می کند. سکه ای در کف این لیوان که دارای قطر ۸ cm است قرار دارد. هنگامی که همکار این فرد مایعی را داخل لیوان می ریزد شخص می تواند ته لیوان را ببیند. ضریب شکست مایع را بدست آورید.



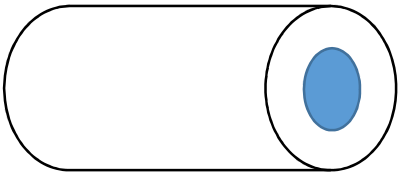
۲.یک اشعه نور در هوا به یک جامد شفاف با ضریب شکست n برخورد می کند . اگر n=1.4 باشد بزرگترین زاویه تابش چقدر باشد تا در نقطه A بازتابش کلی اتفاق بیفتد.



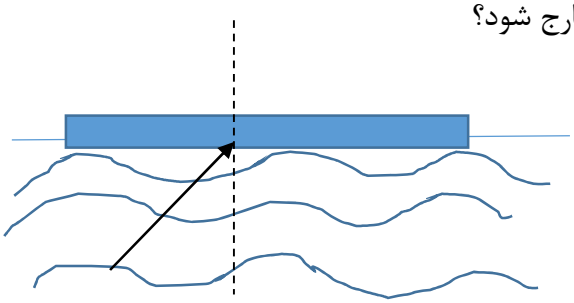
۳.یک اشعه نور داخل شیشه ای با ضریب شکست n=1.5 حرکت می کند و با زاویه ۵۷ درجه به سطح بالایی شیشه برخورد می کند . اگر یک لایه روغن روی سطح بالایی شیشه قراداشته باشد.ماکزیمم ضریب شکست روغن چقدر باشد تا نور داخل شیشه بازتابش کلی شود.



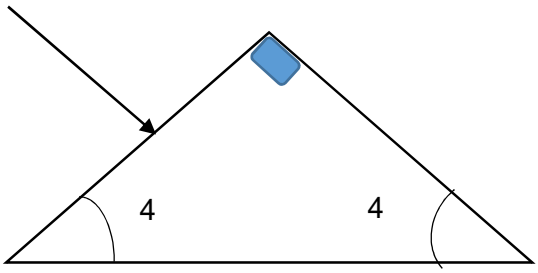
۴.یک فیبر نوری از یک استوانه از جنس سیلیکا با ضریب شکست n=1.46 که با ماده ای با ضریب شکست n=1.45 پوشانده شده است ساخته شده است. زاویه بحرانی که نور داخل هسته بازتابش کلی می شود کدام است؟



۵.یک لایه نازک از یخ با ضریب شکست n=1.30 درون آب با ضریب شکست n=1.33 شناور است. یک پرتو نور از داخل آب به فصل مشترک یخ-آب برخورد می کند. بزرگترین زاویه برخورد چقدر باشد تا نور نتواند از سطح یخ به سمت هوا خارج شود؟



۶.یک منشور ۴۵-۴۵-۹۰ در داخل آب شناور است. یک اشعه نور به طور عمود به سطح کوچکتر منشور برخورد می کند. مینیمم ضریب شکست منشور چقدر است اگر این پرتو از سطح بزرگتر منشور بازتابش کلی شود؟



۷.دو محیط را با ضریب شکست های n_1 و n_2 در نظر بگیرید. اگر نسبت سرعت نور در محیط اول به محیط دوم برابر $\frac{۵}{۴}$ باشد. نسبت ضریب شکست محیط اول به محیط دوم را بدست آورید.

۸.در شکل زیر وتر منشور با لایه ای از مایع پوشانده شده است. اگر شریب شکست منشور n=1.5 باشد ماکزیمم شریب شکست مایع برای اینکه بازتابش کلی اتفاق بیفتد کدام است؟